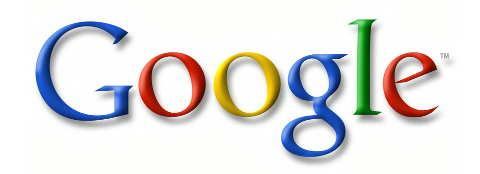


Google


NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06633851 2

Angewandte

Baukunde des Ingenieurs.

Der Wasserbau

in seinem ganzen Umfange.

Ein Leitfaden

zu

Vorlesungen und zum Selbstunterrichte für Wasser- und Straßenbau-Ingenieure und andere Techniker

von

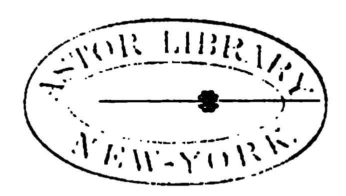
M. Becker,

Großherzogl. bad. Bezirksingenieur, vormal. Professor des Wasser- und Straßenbaues an der Großherzogl. polytechnischen Schule zu Carlsruhe.

Mit Atlas

enthaltend:

28 gravirte Tafeln in gr. Folio
(worunter zwei Tafeln in Farbendruck).



Stuttgart.

Carl Mäcken, Verlagsbuchhandlung.

1856.

Schnellpressendruck der Buchdruckerei von J. C. Mäcken Sohn in Reutlingen.

Vorrede.

Wenn ich hiermit zum Schlusse meines Werkes noch den Wasserbau der Oeffentlichkeit übergebe, so geschieht es einerseits, um damit die bereits erschienenen Theile desselben zu einem vollständigen Lehrbuche der Ingenieurwissenschaft zu ergänzen, andererseits aber auch, um dem angehenden Ingenieur in gedrängter Kürze dasjenige zu geben, was bis auf die neueste Zeit in dem Gebiete der Wasserbaukunst erforscht und erfahren wurde. Eine Ergänzung des bereits Erschienenen zu einem vollständigen Lehrbuche der Ingenieurwissenschaft hielt ich schon deßhalb für begründet, weil zur Zeit noch kein Werk besteht, welches in Kürze das Wissenswürdigste des Ingenieurwesens mit Rücksicht auf die Fortschritte der neuern Zeit behandelt, wurde aber auch noch besonders dazu angeeifert durch die gute Aufnahme und günstige Beurtheilung, welcher sich meine drei ersten Theile allerwärts zu erfreuen hatten.

Daß aber insbesondere ein solches Handbuch der Wasserbaukunst nicht allein für den angehenden Ingenieur, sondern auch für jeden andern Techniker, welcher mit Wasserbauten zu thun hat, nothwendiges Bedürfniß geworden ist, dürfte nicht in Abrede gestellt werden können und hat sich mir hauptsächlich bei meiner vierzehnjährigen Lehrthätigkeit an der Ingenieurschule des hiesigen Polytechnikums klar herausgestellt.

Wohl hat die Literatur viele ältere Werke aufzuweisen, welche den Wasserbau wissenschaftlich behandeln, z. B. Eytelwein und Gilly, Wiebeking, Pechmann, Silberschlag, Woltmann u. a. m., allein die meisten sind entweder schon veraltet und so voluminös, daß sie sich nicht mehr

als Handbuch eignen, oder sie behandeln nur einzelne Theile desselben, ohne jedoch dabei die Gesetze der Hydraulik hinlänglich in's Auge gefaßt zu haben. Von neuern Werken über Wasserbau ist es hauptsächlich das von Herrn Oberbaurath Hagen in Berlin, welches in jeder Beziehung vorzüglich genannt werden kann, nicht nur, weil es in systematischer Ordnung von den Quellen an bis zu den Bauten an der See alle in das Gebiet der Wasserbaukunst gehörigen Gegenstände klar und gründlich mit Rücksicht auf die schon gemachten Erfahrungen behandelt, sondern auch weil es wissenschaftlich ist und so viel aus der Hydraulik enthält, als zur Begründung und Berechnung der verschiedenen Anlagen des Wasserbaues nothwendig erscheint. Zu einem gründlichen Studium der Wasserbaukunde dürfte daher das Werk von Hagen sehr zu empfehlen sein und wird auch in jeder technischen Bibliothek sich vorfinden; für ein Lehr- und Handbuch aber, welches zugleich als Leitfaden für den Unterricht dienen soll, möchte es sich weniger eignen, indem es zu ausgedehnt und folglich auch für den Einzelnen zu kostspielig ist.

Mein Bestreben mußte es sein, den Wasserbau in allen seinen Theilen so zu behandeln, daß er als eine Fortsetzung meines Brücken-, Straßen- und Eisenbahnbaues gelten kann, und dieß erforderte zunächst eine möglichst gedrängte und geordnete Darstellung alles dessen, was man in neuester Zeit zu dem Wasserbau zu zählen pflegt.

Die Eintheilung des ganzen Gebiets in sieben Abschnitte schien mir am geeignetsten; der erste Abschnitt behandelt die Quellen und Brunnen; der zweite die Wasserleitungen; der dritte den Fluß- oder Strombau; der vierte den Wehr- und Schleusenbau; der fünfte die Be- und Entwässerungen; der sechste die Fluß- und Kanalschifffahrt und endlich der siebente die Hafenanlagen oder Bauten an der See.

In allen einzelnen Abschnitten suchte ich das Wesentlichste des fraglichen Gegenstandes herauszuheben und so weit theoretisch zu behandeln, als es der jetzige Stand der Hydraulik gestattete und es für die Anwendung nothwendig erschien. Auf bloße Vermuthungen und eigene Erfindungen, sowie auf weitläufige mathematische Entwicklungen, mit denen manche Autoren ihren Arbeiten nur einen gewissen gelehrten Anstrich zu geben suchen, habe ich mich nicht eingelassen, vielmehr schien es mir weit zweckdienlicher, gerade nur das beste vorhandene Material zu

benützen und nach meinen bisherigen Wahrnehmungen zu beurtheilen. Im Wesentlichsten schloß ich mich an Hagen's Wasserbau an, nur in dem Strombau konnte ich die Ansichten Hagen's über die vortheilhafte Anwendung der Buhnen nicht theilen, da solche in unserem Lande sich an keinem Flusse bewährt haben.

Wenn es im Allgemeinen schon schwierig war, aus allem Vorhandenen das Richtige herauszufinden, so war es noch schwieriger, die theoretischen Resultate der Hydraulik mit der Wirklichkeit in Einklang zu bringen. Viele ausgezeichnete Mathematiker haben sich schon mit der Theorie der Bewegung des Wassers in Flußbetten beschäftigt, allein leider konnten sie mit den jetzigen Hilfsmitteln der Mathematik nicht viel weiter kommen, als schon Eytelwein war, dessen Formeln sich immer noch als brauchbar erweisen; wenigstens habe ich immer gefunden, daß die auf Seite 167 angegebene Formel für die Bewegung des Wassers in regelmäßigen Kanälen $M = 50{\cdot}9\ J \sqrt{\frac{J}{L\,p}}$ (für Metermaß) bei richtiger Anwendung gute Resultate gibt.

Nächst Eytelwein waren es Navier, d'Aubuisson, Weisbach, Lahmeier und Scheffler, welche in der Hydraulik Ausgezeichnetes geleistet haben und deren Werke darum dem Ingenieur zum Studium empfohlen zu werden verdienen.

Im Allgemeinen ist das Gebiet des Wasserbaues so ausgedehnt und verlangt so viele Studien und Erfahrungen, daß es sehr schwierig, ja fast unmöglich ist, ohne langjährige Praxis mit allen Theilen genau vertraut zu werden. Was ich mir durch meine kurze practische Beschäftigung im Vaterlande, sowie durch Reisen in allen Theilen Europa's und durch vierzehnjährige Lehrthätigkeit sammeln konnte, habe ich in dem vorliegenden Werke zusammengestellt. Meine künftige Aufgabe soll es nun sein, das noch Fehlende durch Beobachtungen bei practischen Ausführungen nachzuholen und seiner Zeit, wenn meine Arbeit sich einer günstigen Aufnahme erfreuen sollte, das Ganze zu verbessern.

Carlsruhe, im September 1855.

Der Verfasser.

Inhalts-Verzeichniß.

Erster Abschnitt.

Quellen und Brunnen.

Zweiter Abschnitt.

Wasserleitungen.

Dritter Abschnitt.

Fluß- oder Strombau.

Vierter Abschnitt.

Ent- und Bewässerungen.

1. Entwässerungen.

2. Bewässerungen.

Fünfter Abschnitt.

Wehr- und Schleusenbau.

Sechster Abschnitt.

Fluß- und Kanalschifffahrt.

a. Flußschifffahrt.

b. Kanalschifffahrt.

Siebenter Abschnitt.

Hafenanlagen.

Erster Abschnitt.

Quellen und Brunnen.

Quellen und Brunnen.

§. 1.

Entstehung der Quellen.

Alles Wasser, welches auf der Erde verbreitet ist und theils als Quell-, theils als Bach-, Fluß- oder Seewasser erscheint, verdankt seinen Ursprung allein dem atmosphärischen Niederschlage, welcher in Form von Regen oder Schnee auf die Erdoberfläche niederfällt, daselbst je nach der Gestaltung dieser Fläche und der Beschaffenheit des Bodens entweder nach verschiedenen Richtungen hin frei abfließt und in den Boden eindringt, oder sich bis zu einer gewissen Höhe ansammelt.

Das in den Erdboden eingedrungene Wasser setzt seinen Weg nach unendlich verschiedenen Richtungen fort, indem die einzelnen, theils wasserleitenden, theils undurchdringlichen Erdschichten unendlich verschiedenartig gestaltet und angeordnet erscheinen. Endigt dieser Weg wieder an der Erdoberfläche und tritt hier das Wasser zu Tage, so heißt man dieses einen natürlichen Quell.

Einzelne Quellen zeigen allerdings Erscheinungen, die sich auf diese Art nur unter Voraussetzung einer ganz eigenthümlichen Lage der Schichten im Erdboden erklären lassen, allein unter der zahllosen Menge von Quellen und Brunnen, die man beobachtet hat, gibt es nur wenige, welche etwas Wunderbares zeigen und somit rechtfertigt sich auch die oben gegebene Erklärungsart.

So natürlich dieselbe aber auch erscheinen mag, so hat man doch früher vielfach gegen sie Zweifel erhoben und eine Masse von Hypothesen über den Ursprung der Quellen aufgestellt, welche mit den übrigen Erfahrungen und Erscheinungen beinahe außer allem Zusammenhange stehen.

So hatten Descartes und Silberschlag die Vorstellung, daß das Meereswasser durch unterirdische zusammenhängende Höhlungen den Erdboden durchziehe, und so tief in denselben eindringe, bis die zunehmende Erwärmung (auf 24 bis 30 Mtr. Tiefe scheint im Allgemeinen die Wärme des Bodens um 1 Grad R. zuzunehmen) das Wasser zum Sieden bringt. Auf solche Art sollen sich Dämpfe bilden, die in den gleichfalls vorhandenen senkrechten Spalten wieder in die Höhe steigen, bis sie in der Nähe der kalten Oberfläche, wie in dem Helme einer

Destillirblase, niederschlagen und als tropfbar flüssiges Wasser zum Vorschein kommen. Hagen sagt dagegen: „Wollte man hierbei auch alle die gewagten Voraussetzungen, die sich eben so bestimmt widerlegen, als begründen lassen, für wahr ansehen, so zeigt eine bekannte Thatsache die Unhaltbarkeit der ganzen Erklärung. Die Wassermenge der Quellen erreicht nämlich niemals bei starker Kälte ihr Maximum, wie dieses doch der Fall sein müßte, wenn hier wirklich eine Destillation vor sich ginge, sondern gerade während des Frostes pflegen die Quellen am ärmsten zu werden, und dagegen schwellen sie beim Schmelzen des Schnees, also beim Wiedereintritt der Wärme und nach starkem Regen am meisten an."

Ferner hat man in der Capillar-Attraction die Kraft gesucht, durch welche wieder das Seewasser bis zum Kamme der höchsten Gebirge gehoben werden sollte. Legt man einen weichen Sandstein, der vorher trocken war, in ein Gefäß mit Wasser, so wird der Stein nicht nur in dem eingetauchten Theile vom Wasser durchzogen, sondern dasselbe steigt darin langsam 0·3 Mtr., auch wohl noch etwas höher hinauf, und zwar ist die Erscheinung genau übereinstimmend mit dem Aufsteigen des Wassers in Haarröhrchen, welches bekanntlich bis zu einer um so größeren Höhe erfolgt, je enger die Röhre ist. Die Benetzung des Steins wird um so höher hinaufreichen, je feiner das Korn desselben ist, denn in gleichem Maße müssen sich im Allgemeinen auch die Zwischenräume zwischen den einzelnen Körnchen verengen. Wenn beim feinsten Sande oder einem sehr feinkörnigen Sandsteine die Zwischenräume 0·015 Millimtr. weit sind, so möchte das Wasser etwa 1 Mtr. hoch steigen; damit die Benetzung sich aber auf 4500 Mtr. Höhe erstreckt, wo doch noch viele Quellen sich zeigen, so müssen die Zwischenräume nur den $\frac{1}{300000}$ Theil eines Millimeters weit sein. Es fehlt jede Bestätigung dafür, daß solche kleine Dimensionen wirklich vorhanden sind, und daß in dieselben noch das Wasser eindringt; sodann muß auch die Voraussetzung gemacht werden, daß die Salztheilchen, welche in dem Meereswasser befindlich sind, zu grob wären, um durch diese feinen Räume noch eindringen zu können, denn das Wasser enthält dieselben nicht mehr, wenn es an der Oberfläche wieder erscheint.

Diese ganze Hypothese könnte indessen immer nur eine Erklärung dafür abgeben, daß das Erdreich bis zu den höchsten Bergen durchnäßt, oder mit Wasser durchzogen wäre, und es bliebe noch immer die fernere Frage zu beantworten, durch welche 2te, der Capillar-Attraction entgegenwirkende Kraft die Wassertheilchen, sobald sie oben angelangt sind, aus den feineren Zwischenräumen herausgerissen werden, so daß sie wieder frei abfließen können; die bloße Voraussetzung einer sehr kräftigen Capillar-Attraction ist somit nicht hinreichend, um den Ursprung der Quellen zu erklären. Eine 3te Hypothese, welche namentlich in neuerer Zeit durch die Ergiebigkeit mancher artesischen Brunnen angeregt ist, setzt voraus, daß in größerer oder geringerer Tiefe unter der Erdoberfläche Wassermassen eingeschlossen sind, welche keinen natürlichen Ausweg haben und welche unter dem Gewichte des darauf liegenden Bodens sich in einer sehr starken Spannung befinden. Sobald ein Bohrloch bis zu einer solchen Wasserblase herabgetrieben wird, entsteht ein springender Strahl, der um so heftiger aufsteigt, je größer der Druck des Erdreichs im Vergleich zum Drucke einer eben so hohen Wassersäule ist. Hagen sagt

dagegen: „Es verdient kaum erwähnt zu werden, daß die überdeckende Erdschicht eine ganz eigenthümliche Beschaffenheit haben muß, damit sie eines Theils wasserdicht und anderen Theils auch wieder so biegsam und in ihren Theilen sogleich so innig zusammenhängend ist, daß sie nicht stückweise herabfallen, sondern im Ganzen auf der Oberfläche des Wassers ruhen und dieselbe drücken kann." Diese Erklärung läßt sich übrigens auf andere, als die aufgebohrten Quellen nicht leicht anwenden, wenigstens nicht auf solche, die schon Jahrhunderte hindurch fließen; auch wo Felsboden sich vorfindet, ist ein Aufliegen und ein Drücken auf das unterirdische Wasserbassin ganz undenkbar.

Dieses sind die vorzüglichsten Hypothesen, die man aufgestellt hat, um den Ursprung der Quellen anders als durch den atmosphärischen Niederschlag zu erklären.

Außer den natürlichen Quellen, die also dadurch gebildet werden, daß das Regenwasser an dem obern Ende einer wasserleitenden Schicht eintritt, welche am untern Ende auf einer tiefern Stelle wieder die Erdoberfläche trifft, gibt es noch andere Arten von Quellen, deren Entstehung eine nähere Betrachtung verdient.

Erreicht die wasserleitende Schicht (Kies, Sand, Gerölle) nämlich nicht die Erdoberfläche, und bleibt sie, eines starken Wasserdruckes ungeachtet, mit einer undurchdringlichen Schicht, z. B. mit fettem Lehm- oder Thonboden bedeckt, so quillt das Wasser nicht zu Tage und es bilden sich unterirdische Quellen, welche Quellgründe erzeugen, die alsdann wegen zu starker Nässe nicht mehr kulturfähig sind.

Außer diesen unterirdischen Quellen gibt es aber auch, besonders in den Gebirgsformationen, vollständige unterirdische Wasserleitungen und sogar weit ausgedehnte unterirdische Bach- und Flußbetten. Namentlich ist dieses bei manchen Sandsteinen und besonders beim klüftigen Kalke der Fall, die dem Wasser einen weit leichteren Durchfluß gestatten, als die Kiesablagerungen. Die ursprünglichen Spalten bilden hier zuweilen ein zusammenhängendes Netz von Fugen, welches allmählig durch das hindurchfließende Wasser erweitert wird. Hierher gehören die Höhlen, die man mitunter auf stundenlange Entfernungen verfolgt hat, z. B. im Adelsberge in Illyrien und bei Reutlingen im Württembergischen.

Das Vorhandensein solcher Ströme gibt sich aber auch sehr deutlich durch die großen Wassermassen zu erkennen, die in manchen Fällen theils vom Boden verschluckt werden, theils gewaltsam aus demselben wieder hervorbrechen. Ein Beispiel davon gibt der Zirknitzer See in Illyrien; dessen plötzliches Anschwellen und gänzliches Versiegen schon lange ein Gegenstand der Aufmerksamkeit der Physiker gewesen ist. Er liegt in einem geschlossenen Bergkessel der Krainer Alpen, ungefähr 2 Meilen östlich von der Kuppe dieses Gebirges, die unter dem Namen des Schneeberges bekannt ist. Seine Ausdehnung scheint 1½ bis 2 Quadratmeilen zu betragen. Das Bett und die Ufer des See's bestehen aus Kalkfelsen, worüber sich im See ein starker Niederschlag aus Thon und vegetabilischer Erde gebildet hat. An manchen Stellen ist jedoch der Kalkfelsen entblößt, wo sich dann eine große Anzahl von kleinen Oeffnungen zeigen; ebenso befinden sich am Umfange eine Menge Höhlen, in welchen man zum Theil bis 100 Fuß herab-

steigen kann. Alle diese Oeffnungen sind es, welche beim Anwachsen und beim Versiegen des See's in Thätigkeit treten. Im Allgemeinen sind es die Oeffnungen an der östlichen Seite, welche vorzugsweise Wasser ausspeien, und die an der westlichen, welche es verschlucken; bei trockener Jahreszeit fließen auch ungefähr in dieser Richtung manche Quellen über den Boden des See's hin, die wahrscheinlich vom Schneeberge gespeist werden. Im Allgemeinen pflegt zwar der See im Frühjahr trocken zu werden, doch geschieht dieses keineswegs in jedem Jahr und oft bleibt er 2 bis 3 Jahr gefüllt. Das Anschwellen erfolgt nie anders, als nach anhaltendem Regen, oder beim Schmelzen eines starken Schneefalles; dann füllt sich aber häufig in wenig Stunden der See an. Das Abfließen des See's erfolgt viel langsamer, und selbst unter günstigen Umständen nur in der Zeit von 14 Tagen. Die Veranlassung zu dieser merkwürdigen Erscheinung kann keine andere sein, als starke Strömungen, die unter der Erdoberfläche stattfinden. Bei mäßigem Zuflusse ist das unterirdische Bett der Wassermenge entsprechend; bei starken Anschwellungen dagegen verbreitet sich die Inundation bis über die Oberfläche und füllt den See an. In den Höhlen am Umfange des See's findet man auch, wenn der See leer ist, große Wasserbecken und zum Theil auch fließendes Wasser; diese unterirdischen Bassins sind mit Fischen belebt, die beim Anschwellen des See's gleich mit in denselben treten und zu einer nicht unbedeutenden Fischerei Veranlassung geben.

Hier müssen auch solche unterirdische Wasserläufe erwähnt werden, welche zum Theil bei größeren Flüssen vorkommen. Die Drome in der Normandie verschwindet bald nach ihrem Entstehen in einer weiten Wiese und kommt später als starker Bach wieder hervor. Dasselbe geschieht mit der Maas bei Bazailles ohnfern Beaumont, und mit der Rhone zwischen Genf und Lyon.

Manche von diesen Stromläufen erscheinen gar nicht wieder an der Erdoberfläche, sondern ergießen sich unmittelbar in das Meer; hieraus erklärt sich die auffallende Erscheinung, daß hin und wieder im Ocean süßes Wasser angetroffen wird, ohne daß ein sichtbarer Strom in der Nähe mündet.

Die Wassermassen, welche durch die Spalten und Fugen eines festen Gesteins abgeführt werden, treffen zuweilen an den Stellen, wo sie an die Oberfläche treten, einen so engen Ausweg, daß sie mit großer Heftigkeit als springende Strahlen oder natürliche Springbrunnen hervorbrechen. Diese Fälle sind übrigens selten, indem durch den mechanischen Angriff, oder durch die auflösende Kraft des Wassers diese Verengung nach und nach verschwindet und sonach der Quell mit der Zeit sanfter ausfließen muß und nichts Auffallendes mehr zeigt.

Die neuesten Veränderungen, die wir auf der Erdoberfläche wahrnehmen, sind durch vulkanische Wirkungen veranlaßt, und gerade da, wo die Spuren von solchen sich zu erkennen geben, finden sich auch vorzugsweise die seltenen Beispiele von springenden Quellen. Der interessanteste von allen Quellen auf Erden ist der Geiser auf Island. Ein Wasserstrahl, der die Höhe von 6 Mtr. erreicht, tritt alle 2 Stunden aus dem Boden hervor — die Haupteruptionen erfolgen dagegen in Zwischenzeiten von 30 Stunden; unter fürchterlichem Getöse steigt ein Wasserstrahl von 3 Mtr. Durchmesser aus dem Boden, der bald die Höhe

von 24 bis 27 Mtr. erreicht, und indem er dann wieder langsam abnimmt, nach 10 Minuten verschwindet. Die oben entwickelte Quellentheorie kann diese Erscheinung nicht mehr erklären, die hohe Temperatur des Wassers, die während der Eruption 72 bis 80 Grad beträgt, zeigt auch deutlich, daß die Spannung der Wasserdämpfe hier wirksam ist. Der Hekla befindet sich in der Nähe und erhitzt den Boden, so daß ringsum Dämpfe aus der Erde hervorbrechen. Auf diese Art wird denn auch der mächtige Quell, der den Geiser speist, bis zum Sieden erhitzt, und das Wasser desselben tritt wahrscheinlich in ein weites Bassin, das am untern Ende eine Oeffnung hat, durch welche bei niedrigem Wasserstande der Dampf entweichen kann. Sobald aber diese Oeffnung vom zuströmenden Wasser gesperrt wird, so sammeln sich die Dämpfe in der Höhle und werden comprimirt, dabei nimmt die Erwärmung und Dampfentwicklung noch zu, und so steigert sich die Spannung, bis endlich das Wasser mit Heftigkeit herausgedrängt wird.

Solche Quellen, welche man intermittirende Quellen nennt, kommen auch in andern Formationen, jedoch gleichfalls nur selten vor. Ein unterirdisches Bassin steht mit einem heberförmigen Abzugskanal in Verbindung; sobald der als gleichförmig vorausgesetzte Zufluß, welcher das Bassin speist, den Wasserspiegel in demselben auf eine gewisse Höhe gehoben hat, fängt der Quell an zu fließen, und zwar so lange, bis dieser Wasserspiegel wieder in gleicher Höhe mit der Ausmündung des Hebers steht. Von diesem Moment an versiegt der Quell so lange, bis wieder der Wasserspiegel seinen höchsten Stand erreicht hat.

§. 2.

Wassermenge der Quellen.

Die Beobachtungen, welche man seit vielen Jahren in verschiedenen Gegenden der Erde über die jährliche Menge des atmosphärischen Niederschlags, sowie über die jährliche Verdunstung gemacht hat, geben das wichtige Resultat, daß die letztere, wenigstens in den Binnenländern, größer ist, als die erstere; wenn daher der Regen in allen einzelnen Theilen unbeweglich an der Stelle der Erdoberfläche aufgehalten werden könnte, wo er niedergefallen ist, so würde keineswegs eine stets zunehmende Wassermenge sich ansammeln, vielmehr würde im Verlauf eines Jahrs diese Fläche zuweilen ganz trocken werden, ohne daß auch nur ein Tropfen abgeleitet zu werden brauchte. Nun sind aber die Verhältnisse auf der Erdoberfläche nicht der Art, daß das Regenwasser überall stehen bleibt, denn der Boden ist im Allgemeinen uneben und gestattet dem Wasser den Durchfluß, oder saugt selbst das Wasser ein. Ein Theil des Regens benetzt und durchzieht sogleich den Erdboden, mit dem es in Berührung kommt, ein anderer Theil fließt auf der Oberfläche nach den Vertiefungen herab und sammelt sich hier entweder an oder strömt in den Bach- und Flußbetten nach dem Meere zu. In beiden Fällen wird die Wirksamkeit der Verdunstung beeinträchtigt, denn das Wasser, welches in den Boden eingedrungen, ist zunächst der Berührung der Luft entzogen und zieht sich allmählig tiefer hinab, gelangt zuweilen durch unterirdische Gänge nach einer

tiefern Gegend hin, bevor der Boden wieder trocken wurde. Das Wasser, welches frei abfließt, verliert zwar auf seinem Wege einen Theil durch Verdunstung und einen weiteren Theil durch die Vegetation der Pflanzen, allein wenn der Weg nicht zu lang ist, sammelt es sich in tiefern Rinn- oder Bachbetten an und gelangt in diesen in noch tiefer liegende Gegenden, wo es entweder in ein Flußbett oder in einen See eintritt. Hiedurch wird aber die Berührungsfläche zwischen Luft und Wasser so bedeutend vermindert, daß die stets fortwirkende Verdunstung nicht mehr alles angesammelte Wasser aufzehren kann, dasselbe vermehrt sich also fortdauernd, und nachdem es die Vertiefungen oder den See angefüllt hat, läuft es an der niedrigsten Stelle des umgebenden Randes über und hiedurch werden wieder Bäche, Flüsse und Ströme gespeist. Je nach der Beschaffenheit des Bodens und je nachdem der letztere mehr oder weniger abhängig ist, wird also auch die Wassermenge, welche den Bach- und Flußbetten zugeführt wird, verschieden ausfallen.

Man hat diese Ansicht früher nicht gelten lassen, indem man immer von der unrichtigen Voraussetzung ausging, daß jedes Wassertheilchen an der Stelle bleibe, wo es niedergeschlagen ist, und der Erdboden es zwar zunächst einziehe, aber wieder an derselben Stelle aufsteigen lasse, so daß ein Herabfließen von höheren Gegenden und ein Ansammeln in tieferen gar nicht erfolgen könnte. Dieß bedingt, daß jeder Theil der Erdoberfläche wirklich so viel Wasser verdunstet, als eine gleich große Wasseroberfläche daselbst verdunsten würde, was offenbar unrichtig ist, denn die Verdunstung muß aufhören, so bald der Boden trocken ist.

Silberschlag und andere Hydrotechniker, welche die natürlichste Erklärung über die Entstehung der Quellen bestritten haben, waren noch der Meinung, daß die Wassermenge eines Flusses viel größer sei, als diejenige, welche in dem Flußgebiet als Regen oder Schnee niederfällt. Diese Meinung konnte aber nur so lange Bestand halten, als man ohne Messung und Rechnung nur einem dunkeln Gefühl folgte. Genauere Untersuchungen gaben ganz andere Resultate und bestätigten die in §. 1 gegebene Entstehung der Quellen, Bäche und Flüsse ꝛc. vollkommen. Sie zeigten, daß *die Wassermenge, welche die Bäche und Flüsse abführen, wirklich bedeutend kleiner ist, als die auf dem ganzen zugehörigen Flußgebiet niedergefallene Regenmenge.*

Bei dem *Garonne*-Fluß fand man durch 14jährige Beobachtungen die Regenmenge im Jahr bei Marmande, d. i. an der Ausmündung des Flusses, durchschnittlich 0·731 Mtr.; für das Garonne-Thal ergab sich im Mittel nur 0·627 Meter. Der Inhalt des Flußgebiets ist 5193978,1 Hectaren, folglich die mittlere Wassermenge in einem Jahr 32566242060 Kubikmeter. Die Wassermenge der Garonne wurde gemessen zu 21692353000 Kubikmtr., also nur 0·646 der Regenmenge, während 0·354 durch Verdunstung, Einsaugung und Vegetation verloren ging. Die mittlere Wassermenge pr. Secunde berechnet sich hieraus zu 687,8 Kubikmtr.; das Hochwasser wurde zu 3700 Kubikmtr. gefunden. Für die Seine hat Arago folgende Berechnung mitgetheilt. An der Brücke unterhalb der Tuilerien wurden bei mittlerem Wasserstande 255 Kbkmtr. in der Sec. abgeführt; dieß gibt während des Jahrs 8042000000 Kbkmtr.; der Flächenraum, von dem

das Wasser hier abgeführt wird, hat eine Ausdehnung von 4327000 Hectaren, es ist also die Höhe der durch die Seine abgeführten Wassermenge 0·186 Mtr. oder nahe $1/3$ der ganzen Regenmenge, welche zu 0·561 Mtr. beobachtet wurde.

Minard gibt von dem Brenne-Fluß, welcher das Reservoir von Grosbois speist, an, daß bei Pouilly, welches 8000 Mtr. von dem Reservoir entfernt ist, die Regenmenge 2·721 Mtr. betrage, während die Wassermenge des Flusses nur eine Höhe von 1·574 Mtr. ausmache, d. i. 0·58 der Regenmenge.

Die jährliche Abflußmenge der Rhone beträgt 54236 Millionen Kbkmtr. oder 1718 Kbkm. pr. Secunde; die ganze Oberfläche des Hauptbeckens und der Nebenflüsse dieses Stroms beläuft sich auf 927 Quadratmyriameter. Die durchschnittliche Abflußmenge ist beiläufig gleich 0·58 des auf dieser Fläche sich ergebenden Niederschlags.

Dieses Verhältniß hat sich für das Becken des See's Grandlieu an der untern Loire auf 0·57 herausgestellt, so daß, wenn die Stärke des Niederschlags während eines Regensturms in dieser Gegend 0·04 Mtr. in 24 Stunden beträgt, eine eingesaugte Schicht von 0·017 Mtr. und eine andere Schicht von 0·0228 Mtr. sich darstellt, welche allein über den Boden fließt.

In allen Fällen ist also die abgeführte Wassermenge bedeutend kleiner als die jährliche Regenmenge, das Verhältniß ist aber kein constantes, sondern zeigt einfach, daß die Wassermenge, welche aus den Gebirgsgegenden den Strömen zugeführt wird, viel bedeutender ist, als diejenige, welche eine gleiche Oberfläche des ebenen Landes liefert.

Dasselbe Resultat geht auch aus den Messungen hervor, welche Hagen an dem Rheine, der Ems, Weser und Weichsel anstellte.

§. 3.

Sammlung des atmosphärischen Niederschlags.

Da das Regen- und Schneewasser an und für sich rein ist, und sich folglich zu den gewöhnlichen wirthschaftlichen Zwecken, namentlich zur Zubereitung der Speisen und Getränke und zum Waschen vollkommen eignet, so ist es zuweilen üblich, dasselbe in Behältern oder sog. Cisternen aufzufangen. In Gegenden, wo keine Quellen vorkommen und die Brunnen nur schlechtes oder wenig Wasser liefern, werden oft große Summen mit Vortheil zu solchen Anlagen verwendet. Sie bestehen aus wasserdichten überwölbten Bassins, die so tief im Boden liegen, daß weder Frost noch die Sommerhitze eindringen kann, und welche überdieß noch mit den nöthigen Vorrichtungen zur zweckmäßigen Hineinleitung und Entnehmung des Wassers, sowie zur Reinigung versehen sein müssen.

Da die Regenmenge, welche den Cisternen zugeleitet wird, in den verschiedenen Jahreszeiten sehr verschieden ausfällt, während der Verbrauch ziemlich gleichförmig erfolgt, so müssen dieselben den Bedarf von 3 bis 4 Monaten fassen können, und es ergeben sich hieraus sowohl die nöthigen Dimensionen der Cisterne, als auch der Fläche, die zum Auffangen des Wassers vorbereitet sein muß. Dabei ist natürlich zu beobachten, daß die aufgefangene Wassermenge etwas kleiner ausfällt,

als die Regenmenge, namentlich wenn man nicht nur Dachflächen, sondern auch gepflasterte Hofräume benutzt, bei welchen viel Wasser in die Fugen einsickert.

Die Fig. 1 und 2, Taf. I., stellen eine Cisterne von mittlerer Größe dar, wie sie Hagen beschrieben hat. A ist der Speisebrunnen, in welchem das Wasser sich zunächst ansammelt; derselbe ist oben mit einem Gitter verschlossen, um das Hineinfallen größerer Körper zu verhindern. B ist das Saugrohr, durch welches das Wasser aus der Cisterne gehoben wird und welches möglichst weit von der Einflußöffnung entfernt sein muß, damit die feinern erdigen Theile nicht leicht zu demselben gelangen. Um aber auch alles Wasser auspumpen zu können, gibt man dem Becken eine kleine Neigung und bringt längs der Stirnmauer einen kleinen Graben D an. Um von Zeit zu Zeit die Reinigung der Cisterne vornehmen zu können, wird eine 1 Mtr. weite Einsteigeöffnung C angebracht, die am passendsten ihre Stelle neben dem Saugrohre der Pumpe hat. Diese Oeffnung ist mit einem Deckel geschlossen. Damit sich die Cisterne nicht bis zum Scheitel des Gewölbes anfüllt, geht endlich noch ein Ableitungsrohr E von der Cisterne nach einem tiefer gelegenen Orte der Umgegend.

Bezüglich der Ausführung der Cisternen ist nur zu erwähnen, daß man alle Steine in hydraulischen Mörtel legt, gut fundamentirt, und zuletzt die ganze innere Oberfläche der Cisterne mit einem Ueberzug von gutem Cementmörtel versieht.

Besondere Arten von Cisternen hat man in Venedig, um gutes Trinkwasser zu erhalten. Dieselben sind mit einer Filtrirvorrichtung versehen, damit das von den Dächern und Straßenrinnen kommende trübe Wasser gereinigt in die Cisterne gelangt.

Da die Kenntniß der jährlich-fallenden Menge Regen- und Schneewassers für den Hydrotekten von großer Wichtigkeit ist, so lassen wir noch folgende Bemerkungen folgen: Die Regenmengen nehmen im Allgemeinen um so mehr ab, je tiefer man in das Innere des Festlandes kommt; die Zahl der Tage aber, an welchen jährlich Regen fällt, steht nicht im geraden Verhältniß zur Regenmenge, vielmehr zeigt die Dichtigkeit oder Intensität des Regens große Verschiedenheiten; im Allgemeinen ist die Zahl der Regentage um so größer und die Regenmenge um so geringer, je mehr man sich von dem Aequator entfernt. In England ist die Zahl der Regentage 160, in Deutschland gegen 150, in Ofen 110, in Kasan 90.

Die besten vorhandenen Beobachtungen über die Regenmengen sind in folgender Tabelle enthalten.

Orte.	Regenmenge in par. Zoll.	Regentage.	Orte.	Regenmenge in par. Zoll.	Regentage.
Algier	25,8	—	Bombay	90,67	—
Augsburg	36,68	148	Bordeau	24,3	158
Avignon	23,05	—	Boston	22,32	—
Bergamo	43,6	—	Breslau	23,9	—
Berlin	19,6	171	Bristol	21,89	—
Bern	43,3	—	Brüssel	17,9	164
St. Bernhard	59,23	107	Carlsruhe	25,55	174

Orte.	Regenmenge in par. Zoll.	Regentage.	Orte.	Regenmenge in par. Zoll.	Regentage.
Chur	32,10	115	Lyon	37,0	—
Coblenz	20,84	—	Mailand	36,5	—
Cuba	85,85	—	Mannheim	21,01	—
Curhaven	29,2	145	Marseille	17,3	55
Delft	26,1	—	Mühlhausen	28,3	164
Dover	44,1	—	Neapel	35,0	—
Edinburg	23,5	—	Ofen	16,04	112
Erfurt	15,6	128	Palermo	20,80	—
Florenz	38,8	—	Paris	17,9	160
Freudenstadt	57,1	—	Petersburg	17,1	167
Genf	28,81	103	Prag	15,4	109
Genua	44,43	—	Rio-Janeiro	55,6	—
Glasgow	20,10	—	Rotterdam	21,2	187
Göttingen	24,9	162	Stockholm	17,58	—
Haag	26,60	—	Stuttgart	23,75	155
Harlem	23,20	—	Triest	32,0	—
Havannah	85,73	—	Tübingen	23,9	110
Heidelberg	24,47	—	Venedig	29,9	—
Kopenhagen	19,52	—	Verona	34,56	84
Lausanne	37,75	—	Wien	16,0	114
Liverpool	32,39	—	Würzburg	14,06	141
London	23,40	—	Zürich	32,18	—

Diese Regenmenge vertheilt sich für ganze Landschaften nach Jahreszeiten wie folgt:

Landschaften.	Jährliche Regenmenge in Zollen.	Vertheilung in Procenten.			
		Winter.	Frühling.	Sommer.	Herbst.
Insel Madeira	28,0	48	17	4	31
„ Sicilien	22,11	39	25	4	32
Westseite der Apeninnen	33,06	27	23	12	38
Ostseite der Apeninnen	25,1	26	25	17	32
Südabhang der Alpen	54,03	20	22	26	32
Nordseite der Alpen	33,11	19	20	35	26
Westabhang der Alpen	44,03	20	24	16	40
Rhonethal	33,02	20	23	20	37
Südliches Frankreich	22,1	25	23	13	39
Westliches „	23,11	26	21	22	31
Nördliches Frankreich und Belgien	21,10	21	24	29	26
Mittleres Rheinthal	24,05	19	24	31	26
Südliches Deutschland	25,0	18	21	37	24
Ungarische Ebene	16,0	19	25	26	30
Mittel- und Norddeutschland	19,11	20	23	37	20
Niederlande	25,06	20	18	30	32
Britische Inseln, ebenes Land	23,0	23	20	27	30
„ „ Bergland	38,1	26	19	25	30

§. 4.

Brunnen mit weiten Kesseln.

Wie früher erwähnt, bringt ein Theil des auf die Erde fallenden Regenwassers in den Boden ein und gelangt so in eine der Beschaffenheit der Erdschichten entsprechende Tiefe. Bei manchen Bodenarten ist diese Tiefe selbst nach lange anhaltendem Regen nur unbedeutend und der Boden trocknet wieder aus; bei Sand, Kies oder zerklüftetem Gesteine aber senkt sich das Wasser so weit, bis es auf eine undurchdringliche Schicht gelangt, und hierauf gleitet es, sofern überhaupt Gefälle vorhanden ist, weiter. Die zunächst über der undurchdringlichen Erdschicht gelagerte wasserleitende Erdmasse wird also mehr oder weniger hoch von Wasser durchzogen sein, je nachdem größere oder geringere Zuflüsse erfolgen; sie wird auch in verschiedener Tiefe unter der Erdoberfläche angetroffen werden wegen den ungleichen Ablagerungen der obern Erdschichten; in der Regel wird aber der unterirdische Wasserspiegel des sog. Grund- oder Horizontalwassers nicht viel höher stehen, als das Niveau der Flüsse und Seen in der nächsten Umgebung, und es findet sonach in den wasserhaltenden Schichten nicht sowohl ein merkliches Strömen, als vielmehr nur eine Ansammlung von stagnirendem Wasser statt.

Um nun dieses Grundwasser an einem beliebigen Orte der Erdoberfläche nutzbar zu machen und es in einem zugänglichen Reservoir anzusammeln, dienen die Brunnen.

Manche Erscheinungen, die bei solchen Brunnen vorkommen, wie z. B. daß sie kein Wasser mehr geben oder daß der Wasserspiegel nach einem längern Regen oder beim Anschwellen der Ströme steigt, doch nicht gleichzeitig, vielmehr nach Maßgabe der Entfernung erst später, erklären sich nach dem oben erwähnten von selbst.

In der Regel werden die Brunnen von solchen Quellen gespeist, welche im Sand- und Kiesboden sich vorfinden. Es kommt daher bei einer Brunnenanlage nur darauf an, die Oeffnung bis zur wasserführenden Schicht darzustellen und die Seitenwände gegen das Einstürzen zu sichern. Das erste geschieht gewöhnlich durch einfaches Aufgraben, das letzte durch Errichtung eines cylindrischen Mauerwerks von Bruch- oder Backsteinen.

Hat man die Stelle, wo der Brunnen gegraben werden soll, erst zu wählen, so sucht man sie da, wo die wasserhaltenden Schichten in der geringsten Tiefe vorkommen, weil sich darnach die Kosten bestimmen. Um diese geringste Tiefe zu erfahren, hat man die geognostischen Verhältnisse des Bodens zu untersuchen und denselben auf seine Feuchtigkeit zu prüfen, was theils unmittelbar durch Aufgraben, theils durch Beobachtung der Vegetation geschehen kann. Binsen und andere Sumpfpflanzen lassen oft sehr leicht die richtige Stelle erkennen.

Die einfachsten Brunnenanlagen sind diejenigen, wodurch Quellen, die von selbst hervorbrechen, nur eingefaßt werden. Die wasserleitende Sand- oder Kiesschicht bildet in dem Falle schon die Oberfläche und es kommt also nur darauf an, den Grund so weit auszugraben, daß das Wasser sich hinreichend tief ansammelt, um es bequem ausschöpfen zu können; die Brunnenmauerung braucht auch nicht viel tiefer herabzureichen, während sie andererseits sich etwas über den Boden er-

heben muß. So zeigt Fig. 9 und 9a, Taf. I., eine Quellenfassung, bei welcher aber die Mauerung ausnahmsweise tiefer geführt werden mußte. Ein gehörig befestigter Seitenabfluß E darf nicht fehlen, damit das Erdreich rings umher nicht zu sehr erweicht wird.

Geht von einer solchen Quellenfassung eine Röhrenleitung aus, so ist dieselbe, um einer Verunreinigung vorzubeugen, zu überwölben. Gewöhnlich erhält die Einfassung dann einen größern Querschnitt, damit ein bedeutender Wasservorrath sich ansammeln kann, und da das Gewölbe auch den Zweck hat, das Einfrieren zu verhindern, so macht man es entweder sehr massiv oder überdeckt es mit Erde.

Zuweilen tritt auch der Fall ein, daß mehrere Quellen in gleicher Höhe erscheinen und also die wasserhaltende Schicht in größerer Ausdehnung die Erdoberfläche trifft; hier verwandelt sich der Brunnen in einen langen unterirdischen Kanal, welcher von einer Seite das Wasser durch offene Fugen im Mauerwerke eintreten läßt.

Je tiefer die wasserhaltenden Schichten liegen, desto schwieriger wird die Ausführung der Brunnen; nur in dem Falle, wenn die wasserleitende Schicht mit Thon- oder Lehmboden bedeckt ist, wird man den Quell durch unmittelbares Aufgraben eröffnen können. Nach Maßgabe der Tiefe der Ausgrabung muß man dieselbe oben erweitern, auch wohl Absteifungen vornehmen, um das Einstürzen der Wände während des Baues zu verhindern; sobald man aber die Sand- oder Kiesschicht erreicht, wird sich Wasser in die Baugrube stellen, welches der weitern Ausgrabung hindernd entgegentritt und daher durch Schöpfmaschinen so weit gesenkt werden muß, als zur Erlangung der erforderlichen Tiefe nothwendig ist. Erscheint das Horizontalwasser gleich anfänglich klar und rein und füllt es mit großer Heftigkeit die Grube an, so genügt schon eine mäßige Ausgrabung, ist dieß aber nicht der Fall, so muß die Vertiefung weiter fortgesetzt werden und hat man bei der Aufführung des Brunnenkessels alsdann darauf Rücksicht zu nehmen, daß derselbe wasserdicht sein müßte, um das Eindringen des unreinen Wassers zu verhindern.

Hat man nun die Ausgrabung so tief gemacht, daß eine weitere Vertiefung überflüssig erscheint, so muß die Einfassung desselben dargestellt werden, welche man am besten aus Steinen in cylindrischer Form ausführt. Damit jedoch die Steine überall gut aufsitzen, erscheint es rathsam einen hölzernen Kranz einzulegen und darauf den Brunnenkessel aufzumauern. Werden Bruchsteine gewählt, so sind diese schon vorher nach dem hölzernen Kranze zuzurichten, hat man aber harte Backsteine, so erhalten diese schon in der Ziegelbrennerei die passende Form und werden alsdann in Mörtel versetzt, wogegen die Bruchsteine gewöhnlich nur trocken eingelegt und in den Fugen mit Moos verstopft werden.

Wesentlich verschieden gestaltet sich aber die Ausführung des Brunnenkessels, wenn der Boden der Art ist, daß in geringer Tiefe schon Wasser eindringt; hier ist ein weiteres Ausgraben in der gewöhnlichen Art, selbst mit Hülfe kräftiger Schöpfmaschinen, unmöglich, indem die Seitenwände immer wieder einstürzen und die gemachte Vertiefung ausfüllen. Das sicherste Mittel, um zu einem Ziele zu gelangen, besteht darin, daß man den Brunnenkessel durch allmählige Versenkung

in die nöthige Tiefe bringt. Man gräbt bis zum Horizontalwasser, legt dann einen gut construirten hölzernen Brunnenkranz und führt über demselben den steinernen Brunnenkessel bis zu einer solchen Höhe auf, daß derselbe hinreichend schwer wird, um ein leichtes Einsinken zuzulassen. Es handelt sich nun nur um die Vertiefung und Untergrabung des Brunnenkranzes, welche in leichtem Sandboden mittelst des Sackbohrers und im Gerölle mittelst Handbagger oder eisernen Bohrapparaten bewirkt werden kann; denn da das zudringende Wasser den Grund auflockert, so fängt der Brunnenkessel an, sich langsam zu senken und man kann durch wiederholtes Aufmauern desselben ihn bis zu großen Tiefen herabführen. Fig. 8 zeigt das Verfahren; der hölzerne Brunnenkranz, Fig. 8a, besteht aus doppelten, übereinander genagelten Bohlenstücken, mit gehöriger Versetzung der Fugen. Der Vortheil des Verfahrens besteht darin, daß man weit unter das Horizontalwasser herabgehen kann, ohne ein Ausschöpfen vornehmen zu dürfen.

Um ein möglichst lothrechtes Versenken des Brunnens zu bewirken, muß die Ausgrabung gleichmäßig mit Vorsicht bewerkstelligt werden und ist es nöthig, sich häufig von der senkrechten Stellung des Mauerwerks zu überzeugen, denn sobald dasselbe eine schiefe Richtung annimmt, ist die weitere Versenkung sehr schwierig, ja zuweilen unmöglich.

Sehr zweckmäßig dürfte es sein, den untern Theil des Brunnenkessels auf 2 bis 2·5 Mtr. Höhe durch 3 Brunnenkränze und senkrechte eiserne Bolzen, wie Fig. 6 zeigt, möglichst unveränderlich zu machen, so daß er als ein Ganzes betrachtet werden kann. Es wird alsdann zuerst, Fig. 4, eine breitere Grube ausgehoben und der Boden genau horizontal geebnet; auf diesen geebneten Boden wird mit Belassung von etwas Spielraum ein Kranz b sorgfältig und genau kreisrund von Bruch- oder Backsteinen hergestellt und mit einem hölzernen aus einfachen Brettern gebildeten Kreisbogen, der zugleich als Lehre dient, überdeckt. Hierauf wird die Ausgrabung fortgesetzt, der erste Kranz c mit 6 senkrechten Bolzen eingelegt und aufgemauert; nach genauer Abebnung des Mauerwerks wird der zweite Kranz aufgelegt und festgeschroben und sodann die Mauerung weiter fortgesetzt, abermals geebnet und mit einem dritten Kranze bedeckt, der mit dem zweiten ebenfalls durch Bolzen verbunden ist. Hat man so dieses Brunnenfundament hergestellt, so begibt sich ein Arbeiter in den Brunnencylinder und bewerkstelligt durch allmähliges Ausgraben die Versenkung desselben, während oben zwei Arbeiter das in der Tiefe ausgehobene Material durch einen Haspel mit Eimern herauffördern und ein Maurer in der Grube a das einsinkende Mauerwerk fortwährend nachmauert. Fig. 3, 4, 5. Zweckmäßig dürfte es immer sein, den untersten Brunnenkranz mit einer eisernen Platte mit scharfem Rande zu versehen. Fig. 6a und 6b.

Diese Art der Ausführung von Brunnen kann um so mehr empfohlen werden, als sie auch billiger ist als die gewöhnliche Methode, nämlich die Kosten sich wie 0·72 : 1 verhalten. Nach Vollendung des Brunnenkessels wird die Pumpe und das Brunnenrohr eingesetzt, wie aus Fig. 7 ersichtlich ist. Nicht nur Brunnen von der gewöhnlichen Weite, sondern auch solche von 2 und 3 Meter innerem Durchmesser lassen sich durch Versenkung ausführen.

Um den Zugang zum Themse-Tunnel in London herzustellen, versenkte man ein Ringmauerwerk von 3 Fuß Stärke und 50 Fuß lichtem Durchmesser auf 37′ Tiefe.

Nicht in allen Fällen wird jedoch die Ausführung mit Versenkung des Mauerwerks die vortheilhafteste sein, nur in solchen, wo der Boden aus Lagen von Sand, Kies oder Gerölle besteht, die mit einer dünnen Thon- oder Lehmschicht bedeckt sind. Wenn z. B. in sehr großer Tiefe feiner Sand mit reichen Wasseradern liegt, welcher mit einer compacten Thonschicht bedeckt ist, so kann die Ausgrabung ohne Stützung vorgenommen werden und läßt sich auch die Einfassung einfacher darstellen. Bei einem derartigen Brunnenbau in Ronbaix in Frankreich ging man 23 Mtr. tief hinab, und weil sich das Wasser 14 Mtr. hoch in die Grube stellte, so versenkte man ein hölzernes Faß von 14½ Mtr. Höhe und 1 Mtr. Durchmesser und füllte den Raum zwischen demselben und der Grubenwand mit Bèton aus; der übrige Theil wurde aufgemauert. Auch machte man hier wegen Verschlammung des Bohrlochs, welches noch 2 Mtr. weiter bis in den Sand herabging, die erste Anwendung eines sog. Klärungsrohrs von Eisenblech.

§. 5.

Ueber artesische Brunnen im Allgemeinen.

Unter einem artesischen Brunnen verstehen wir im Allgemeinen jeden engen und tief gebohrten Brunnen, welcher entweder Wasser liefert oder solches verschluckt.

Die artesischen Brunnen sind in manchen Theilen von Deutschland, Frankreich und Italien schon seit Jahrhunderten bekannt, ihre erste Anwendung fällt aber in eine noch viel frühere Zeit, da die alten Egyptier sich ihrer schon zum Bewässern der Oasen bedienten, und ähnliche Brunnen, deren Zweck jedoch etwas verschieden ist, kommen auch in China sehr häufig vor. Die gebohrten Brunnen in Egypten sollen eine Tiefe von 300—500 Ellen haben, und noch tiefer sollen die in China sein, nämlich 1500 bis 3000 Fuß. In Europa waren gebohrte Brunnen bei Modena und Bologna, sowie auch in Nieder-Oesterreich schon lange bekannt und schon vor 200 Jahren führte Dominicus Cassini im Fort Urbain einen solchen Brunnen aus, der sein Wasser 15 Fuß über den Boden ausspritzte und in Röhrenleitungen es zu den obersten Geschossen der Häuser führte. Die allgemeine Aufmerksamkeit auf Anlagen dieser Art wurde jedoch vor wenigen Jahrzehnten durch die Brunnen von Artois angeregt, daher auch ihre Benennung.

Insbesondere war es der Ingenieur Garnier, welcher über die Aufbohrung fließender Quellen in einer Preisschrift vom Jahr 1818 die beste Anleitung gegeben hat. *) Seit dieser Zeit haben sich die artesischen Brunnen sehr allgemein verbreitet. In Frankreich, Deutschland, England, Nordamerika und fast in allen übrigen cultivirten Ländern finden sich einzelne Anwendungen vor.

Die Methoden des Baues haben sich vielfach abgeändert und sollen in dem Folgenden näher beschrieben werden. Zuvor noch einiges über die Anlegung der artesischen Brunnen im Allgemeinen.

*) De l'art du fontenier sondeur et des puits Artésiens.

Die Ergiebigkeit eines artesischen Brunnens und zum Theil sogar sein Gelingen hängt nicht nur von der relativen Höhe der Stelle ab, wo er angelegt werden soll, sondern ebenso sehr auch von der Formation des Bodens. Die Wasserader, die einen reichlichen Zufluß gewährt, kann nur in einem klüftigen Gestein oder in einer förmlichen Höhlung gesucht werden, die sich im Erdboden gebildet hat. Dichte und mit engen Spalten durchzogene Gebirgsarten, wie die Urgebirge, sind sehr wasserarm und geben deßhalb auch keine stark überfließenden Brunnen. Granite, Grauwacke und Thonschiefer sind für artesische Brunnen nicht günstig, vielmehr gelingen solche am meisten in einigen Gebirgsarten des Flötzgebirges, z. B. im Muschel- und Jurakalk und insbesondere in der Kreide.

Die Höhe, zu welcher das Wasser der artesischen Brunnen steigt, ist sehr verschieden, sie hängt theils von dem Niveau des Speisewassers und theils von der Beschaffenheit der sonstigen Ausflüsse ab. In manchen Fällen steigt das Wasser 6—8 Mtr., ja 20 Mtr. hoch, in andern gelangt es nicht bis an die Oberfläche des Bodens, so daß also auch kein freier Ausfluß desselben stattfindet und die Anwendung von Pumpen nothwendig wird. Auch kann es sich treffen, daß durch dasselbe Bohrloch mehrere Adern aufgeschlossen werden, welche verschiedenartiges Wasser auf verschiedene Höhen steigen lassen, und daß man mitunter auch Schichten antrifft, in denen gerade ein ungehinderter Abfluß stattfindet, oder die nicht vollkommen mit Wasser angefüllt sind. Hier wird alsdann kein Wasser in das Bohrloch treten, sondern im Gegentheil wird das zufällig im Bohrloche befindliche Wasser herabfließen und verschwinden. Bohrt man den Brunnen nicht tiefer, so erhält man also einen absorbirenden Brunnen, wie deren in neuester Zeit aller Orten mit Vortheil zur Ausführung gebracht wurden.

Sonach ist das Bohren nach den Wasseradern, welche Wasser liefern, immer ein zweifelhaftes Unternehmen und muß man sich so einrichten, daß die Arbeit nöthigenfalls weiter ausgedehnt werden kann, als es die geognostischen Voruntersuchungen vermuthen lassen.

Sehr verschieden ist auch die Reichhaltigkeit der artesischen Brunnen; dieselbe hängt zum Theil von der Höhe ab, in der man das Wasser ausfließen läßt oder auspumpt, denn je größer diese Höhe ist, um so schwieriger wird der unterirdische Quell bis dahin gelangen können und ergießt sich deßhalb um so stärker durch die übrigen natürlichen oder künstlichen Abzüge.

Im Allgemeinen sind Brunnen, die in der Secunde 1/4 Kubikfuß oder 0·007 Kubikmtr. liefern, schon ziemlich selten, doch kommen auch Beispiele vor, daß sie 1 Kbfß. oder 0·027 Kbkmtr. liefern.

Hagen beschreibt in seinem Wasserbau einige interessante Brunnenanlagen, die wir hier folgen lassen wollen.

Zu St. Denis hatte man einen artesischen Brunnen angelegt, dessen Wasser nicht den gewünschten Grad von Reinheit besaß und welches überdieß in solcher Menge hervorbrach, daß namentlich im Winter die Passage auf den Straßen unangenehm und bei eintretendem Froste sogar gefährlich wurde. Die städtische Behörde wollte schon den Brunnen schließen, als im Jahr 1828 der Ingenieur Mulot sich erbot, alle Uebelstände zu beseitigen, ohne daß der Brunnen eingehen

dürfte. Mulot benutzte zuerst eine absorbirende Schicht, um das überflüssige Wasser fortzuschaffen. Die Bohrung wurde dann weiter fortgesetzt, und in der Tiefe von 55 Mtr. fand er dieselbe reiche Wasserader, die schon früher benutzt war. Er ging aber noch weiter und schloß in 65 Mtr. Tiefe endlich einen Quell von großer Reinheit auf, der jedoch nicht stark genug war, um den ersten ganz entbehrlich zu machen. Nun wurde folgende Anordnung getroffen: Eine Röhre von 3 Zoll Weite führte den letzten Quell herauf und liefert sonach das Wasser zum Trinken und Kochen. Diese Röhre steckt in einer andern, die 4 Zoll weiter ist, und in der letzten steigt das minder reine Wasser in ein Becken, welches zugleich den ersten Quell aufnimmt, insofern derselbe nicht benutzt wird. Das erwähnte Becken gießt endlich das überflüssige Wasser in ein darunter befindliches Reservoir, und dieses wird durch eine 11 Zoll weite Röhre, welche zugleich die beiden andern einschließt, in die absorbirende Schicht geleitet. Auf diese Art steigt das Wasser an derselben Stelle aus verschiedenen Tiefen herauf, wo es auch wieder herabgegossen wird.

Wenige Jahre später versuchte man es auch, auf dieselbe Art unreines Wasser abzuleiten. Der Abgang und das Spülicht einer Stärkefabrik zu Villetaneuse bei St. Denis verunreinigte die Brunnen in der Nachbarschaft und nicht minder den Bach Enghien, worüber weit und breit Klagen erhoben wurden. Der Versuch, dasselbe durch Senkgruben fortzuschaffen, mißglückte, indem diese Gruben nichts verschluckten und sogar Wasser gaben, und so wurde denn endlich im Jahre 1831 die Sache untersucht und der Vorschlag gemacht, das schmutzige Wasser durch Bohrlöcher in einen unterirdischen Strom zu versenken. Ingenieur Mulot, der die Ausführung des Brunnens übernahm, bohrte bis auf 64 Mtr. Tiefe, wo es denn auch gelang, den Abfluß zu eröffnen. Während des Winters von 1832 auf 33 verschluckte der Brunnen täglich 80000 Litres, ohne daß weder von den nächsten Nachbarn, noch sonst irgendwo eine Beschwerde erhoben wurde.

Auch in der Nähe von Paris wurde eine ähnliche Anlage gemacht, wo durch das Bohrloch in 24 Stunden 120 Kubikmeter höchst unreines Wasser absorbirt werden, ohne den geringsten Nachtheil für die Umgebung und die übrigen artesischen Brunnen in der Nähe von Paris.

Das Vertrauen zu solchen Anlagen nahm nun schnell zu, und im Jahre 1834 ließ der Magistrat von Paris 3 absorbirende Brunnen an den 3 Thoren du Combat, de Saint-Mandé und de la Cunette ausführen. Der erste, der hauptsächlich einen sumpfigen District, dem die natürliche Entwässerung fehlte, trocken legen sollte, war in demselben Jahr durch Mulot auf 81 1/4 Mtr. herabgetrieben; er verschluckte in einer Stunde 100 Kubikmtr. Die Weite der Röhre war verschieden und betrug zum Theil nur 0·13 Mtr.

Auf solche Art haben die artesischen Brunnen in der letzten Zeit eine neue Anwendung gefunden, welche ihrer sonstigen Benutzungsart gerade entgegengesetzt, aber darum nicht minder wichtig ist.

Der Nutzen der artesischen Brunnen, welche reichlich reines Wasser liefern, ist oft von so großer Bedeutung, daß davon allein die Industrie und Bodenkultur einer Gegend abhängt. Wenn auch die Quantität des Wassers, welches sie liefern,

und die Höhe, zu der sie es heben, keineswegs den Wünschen ganz entspricht, so kann dennoch die Reinheit und Frische des Wassers schon die Anlagekosten reichlich entschädigen, und namentlich pflegt dieses der Fall zu sein, wenn sie aus Kalklagen entspringen. Man hat es auch schon versucht, die gewöhnlichen Brunnen, deren Wasser minder rein ist, durch artesische zu ersetzen. Wo letztere überfließen und einen weiten Brunnenkessel füllen, in welchen man alsdann die Pumpe stellt, ist eine Anordnung dieser Art ganz passend; wenn aber der Wasserstand im Bohrloche bedeutend unter der Oberfläche des Bodens bleibt und man die Saugröhre der Pumpe unmittelbar in das enge Bohrloch stellen muß, da ist die Ergiebigkeit zu sehr beschränkt.

So hat man auch die artesischen Brunnen benützt, um dem Wassermangel in Kanälen abzuhelfen, diese sind aber fast überall mißglückt, weil die Wassermengen zu gering waren.

Mit mehr Erfolg benutzte man das Wasser artesischer Brunnen zur Bewegung von Wasserrädern, wie Fig. 2, Taf. II., andeutet; man darf sich jedoch nicht zu viel von einer solchen Wasserkraft versprechen.

Die Fig. 1 zeigt eine Anlage, wo das Wasser eines artesischen Brunnens ein Rad treibt, welches eine Pumpe bewegt, durch die das Wasser über die Oberfläche des Bodens gehoben wird.

In Fig. 3 ist angedeutet, wie das Wasser eines artesischen Brunnens zu einem Springbrunnen verwendet werden kann. Von besonderer Wichtigkeit sind endlich die artesischen Brunnen für die Salinen, indem es durch Anwendung derselben häufig geglückt ist, eine viel reichhaltigere Sole zu gewinnen.

§. 6.

Das Bohrgestänge.

Die verschiedenen Arbeiten, welche bei der Anlage artesischer Brunnen vorkommen, bestehen hauptsächlich:

a. in dem eigentlichen Bohren;
b. in der Einfassung der Seitenwände des Bohrloches, um dasselbe vor dem Verschütten zu sichern;
c. im Einbringen der Steigröhre, durch welche der Quell ohne Verunreinigung durch fremdes Wasser sich an die Erdoberfläche erhebt.

Für das Bohren werden verschiedene Methoden angewandt, von denen hier nur die beiden hauptsächlichsten einer nähern Betrachtung unterstellt werden sollen. Diese beiden Methoden sind: das Bohren mit festem Gestänge und mit dem Seile. Bei der ersteren wird der Stiel des Bohrers bei der zunehmenden Tiefe des Bohrloches nach und nach durch angesetzte Stangen verlängert, und indem die Bewegung, die man der obersten Stange gibt, sich durch die folgenden auch dem Bohrer mittheilt, so behält man immer einigermaßen die Führung des Bohrers und kann ihn wenigstens drehen und in jeder beliebigen Stellung wieder herabfallen lassen. Nachtheile sind hierbei: der Zeitverlust, der durch das Herausheben und wieder Herablassen des Bohrers verursacht wird, das große Gewicht

und die Kostbarkeit eines langen Gestänges. Beim Seilbohren sind diese Nachtheile weniger erheblich, indem das Gestänge durch ein Seil ersetzt wird, woran der Bohrer hängt; will man letzteren herausnehmen, so braucht man nur das Seil aufzuwinden. Dagegen hat die Seilmethode den großen Nachtheil, daß man den Bohrer nicht drehen kann und das Durchfahren von Erdschichten beinahe unmöglich ist, man daher nur in festem zusammenhängendem Gestein von dieser Methode Gebrauch machen kann; sodann daß das Fassen herabgestürzter Bohrer außerordentliche Schwierigkeiten macht.

Der Vorzug der allgemeineren Anwendbarkeit und der größeren Sicherheit dürfte daher wohl entschieden auf der Seite der ersten Methode liegen, welche auch viel häufiger als die zweite angewendet wird, und die wir zunächst beschreiben wollen.

Die Verlängerungen des Bohrers bilden miteinander das Gestänge. Es besteht aus Stäben oder Gliedern von geschmiedetem Eisen, die an ihren Enden so zugerichtet sind, daß sie eine möglichst solide und leichte Verbindung gestatten. Die Fig. 4 und 5, Taf. II., zeigen solche Verlängerungsstücke eines Gestänges, das mit der Schraube ist das gewöhnlichste. Die Stärke der Glieder hängt offenbar von der ganzen Länge und zum Theil auch von der Weite des Bohrloches und manchen Eigenthümlichkeiten des Bodens, die einen größern oder geringern Widerstand bedingen, ab. Man hat gewöhnlich sechserlei Gestänge für verschiedene Bohrtiefen; die schwächsten haben einen Querschnitt von 0·028 Mtr. im Quadrat und genügen bis 60 Mtr. Von hier an steigen die Dimensionen wie folgt:

0·031	Meter	für	100	Meter	Tiefe.
0·033	"	"	150	"	"
0·037	"	"	200	"	"
0·042	"	"	250	"	"
0·045	"	"	300	"	"

In Frankreich pflegt man jedoch dem Gestänge nicht die gleiche Stärke zu geben, sondern es nach unten hin zu verstärken. Bei dem in Artern bis auf 1000 Fuß herabgeführten Bohrloch hatte der größte Theil des Gestänges nur 1 Zoll Stärke und nur die untern Stangen maßen 1 ¼ Zoll.

Die Länge der einzelnen Glieder ist verschieden und wächst mit der Tiefe des Bohrlochs und mit ihrer Stärke. Gewöhnlich beträgt sie 3·6 bis 4·5 Mtr., nur selten 8 bis 9 Mtr., wie es eben die Höhe der Rüstung und des Hebezeugs gestattet.

Zum Heben des Gestänges bedient man sich besonderer Kopfstücke, Fig. 6 und 7, in welche jedes obere Ende eines Gliedes hineinpaßt. Dieselben sind oben mit einem Wirbel versehen, weil ein langes und schweres Gestänge, das unter seiner eigenen Last sich biegen würde, auch während des Bohrens im Hebezeuge hängen muß. Ein solches Kopfstück findet besonders beim Steinbohrer seine Anwendung, der nicht gedreht, sondern aufgestoßen wird. Der Bohrer mit steifem Gestänge wird nämlich bei jeder Tiefe je nach den zu durchfahrenden Gebirgsarten entweder durch Drehung oder durch Stoß in Bewegung gesetzt; letzteres bei Felsen-, ersteres bei Erdschichten. Wird das Gestänge gedreht, so wird die Drehung nicht am Kopfe desselben vorgenommen, sondern an dem zunächst darunter befindlichen

Gliede, und sonach wird letzteres bei einer Bewegung in der Richtung des Schraubengangs vom ersteren leicht gelöst, wenn es die Construction Fig. 6 hat. Hier hat man besondere Haken oder Scheeren zum Fassen des Gestänges, z. B. den Doppelhaken Fig. 10a, Taf. I. Will man das Gestänge herausheben, so ist die Vorrichtung Fig. 10, Taf. II., sehr brauchbar, weil man damit das Gestänge an jedem beliebigen Punkte fassen kann.

Zum Drehen des Gestänges bedient man sich eines Hebels, der in der Regel doppelarmig ist. Die Fig. 10b, c und e, Taf. I. und Fig. 8 und 9, Taf. II., zeigen solche Hebel von verschiedener Construction.

§. 7.

Die Bohrer.

Die Form der Bohrer ist nach der Beschaffenheit des Bodens, in welchem sie gebraucht werden, sehr verschieden und erleidet mancherlei kleinere Veränderungen, wodurch man sie in einer oder der andern Beziehung brauchbarer zu machen sucht.

Wir wollen die Hauptformen für verschiedene Bodenarten in dem Folgenden betrachten und unterscheiden.

α. Bohrer, welche durch Stoß und Schlag wirken.

Die verschiedenen Meißel-, Kron- und Sternkronbohrer ꝛc. sind zur Durchbohrung der festen Felsenarten bestimmt; indeß wendet man die erstern auch zum Bohren der Thon-, Mergel- und groben Sandlager an.

Fig. 25 ist der einfache Meißelbohrer, Fig. 39 zeigt einen Meißelbohrer mit eingelegten Blättern.

Fig. 26 ist ein doppelter oder gekreuzter Meißelbohrer mit 2 Schneiden, die senkrecht gegen einander gerichtet sind.

Fig. 27 ein Meißelbohrer dem vorigen ähnlich; nur ist er cylindrisch.

Fig. 28 ein Kronenbohrer, der nicht nur blos durch Stoß, sondern auch durch Drehen wirkt.

Fig. 29 ein Sternkron- oder Pyramidenbohrer.

Fig. 30 ist ein einfacher Meißelbohrer, mit Hinzufügung des vorragenden Meißels a. Die Befestigung desselben an das Gestänge wie Fig. 30a ist vorzuziehen.

Fig. 31 ist ein gespaltener Meißelbohrer, der untere Theil seines Ausschnitts hat eine verstählte Schneide, wie die beiden vorspringenden Theile. Bei festem Gestein läßt man ihn mit dem Bohrer Fig. 30 abwechselnd arbeiten. Der letztere läßt einen Kranz stehen, welchen der erstere sogleich wegnimmt.

Fig. 32 ist ein einfacher Meißelbohrer mit Flügeln. Der gewöhnliche Steinbohrer läßt manchmal Unebenheiten zurück, welche alsdann mit dem Flügelbohrer weggebracht werden.

Fig. 33 und 34. Doppelter Meißelbohrer mit Flügeln.

Fig. 40. Einige gewöhnliche Meißelbohrer haben einen eingelegten und mit Bolzen befestigten Meißel a, man wendet sie bei Abbohrungen von großem Durch-

messer und bei Gebirgsorten an, bei welchen ein langer vorspringender Meißel gute Wirkung erzeugt.

Das beim Steinbohren gelöste Material kann durch die Meißel- oder Kronbohrer nicht gehoben werden, man bedient sich dazu der Ventilbohrer, Fig. 20 und 21.

β. Bohrer, welche durch Druck und Drehung wirken.

Die Löffel- und Erdbohrer sind zur Abbohrung der mildern Gebirgsarten, wie gewisse mergelartige Kreiden, Thon, Lehm u. s. w. bei geringer Tiefe bestimmt. Ihre Anwendung ist ökonomischer als die der Meißel- und Kronenbohrer; wenn aber die Tiefen bedeutender werden, so sind zuweilen die letztern vorzuziehen, und dienen die Löffelbohrer zum Räumen des Bohrloches.

Fig. 41. Gewöhnlicher Erd- oder Schaufelbohrer. Der Cylinder ist am Boden durch eine Fläche a theilweise geschlossen.

Fig. 42. Schaufelbohrer mit weniger gekrümmtem Löffel, nach oben etwas geschlossen zum Durchbrechen sehr weicher Kreide, Mergel und thonhaltigem Sande für eine Tiefe von 20 bis 30 Meter.

Fig. 43. Zunge mit vielen Schneckenwendungen, geeignet für magere Gebilde, wie trockener Sand oder sandiger Mergel.

Fig. 44. Krätzer, dient zum Aufholen von Geschieben oder gebrochenen Bohrertheilen. Bei einem sehr zähen Thonboden pflegt man das Bohrloch nicht gleich in der vollen Weite zu eröffnen, sondern vielmehr ein enges Loch vorzubohren und dieses später zu erweitern.

Zum Vorbohren dient der Bohrer Fig. 16.

Der zur Erweiterung dienende Bohrer muß unten in eine Spitze auslaufen, damit er sich immer in die Achse des engern Bohrloches einstellt. Fig. 18 zeigt einen solchen. Zuweilen hat man die Löffelform verlassen und dem Bohrer die Form Fig. 19 gegeben.

In reinem Sande hat man gewöhnlich einen ganz geschlossenen Cylinderbohrer, welcher unten mit einer Spitze versehen ist, um welche sich eine Spiralfläche zieht. Dieser Bohrer hebt aber nur den Sand, wenn er trocken oder wenig feucht ist, nasser Sand fällt wieder durch. Man hat daher die cylindrische Röhre für nassen Boden unten mit einem Ventile versehen, wie Fig. 20 zeigt.

Häufig wird aber auch zum Schlusse der Oeffnung eine Kugel angewendet, wie dieß aus Fig. 21 zu ersehen ist. Diese Kugel ist gewöhnlich doppelt so schwer, wie nasser Sand. Beim Gebrauche eines solchen Instruments, wird die Röhre abwechselnd gehoben und gesenkt, wodurch sie sich nach und nach mit Sand anfüllt.

Eine andere Vorrichtung zum Heben des reinen Sandes zeigt Fig. 45; sie besteht in einem konischen Eimer, der unten mit einem Schraubengange versehen ist, damit er beim Drehen von selbst in den Boden eindringt. Zuweilen bringt man den Schraubengang auch am Umfange des Eimers an.

Bei der Ausführung von Bohrlöchern in einem festen Lehm- oder Thonboden wird es häufig nöthig, den Bohrer selbst um etwas zu verbreitern. Um nämlich das Einstürzen der Wände in den abwechselnd vorkommenden losen Schichten zu verhindern, kann man die Futterröhre nicht entbehren; der innere Durchmesser

derselben bestimmt die Breite des Bohrers, aber bei sehr zähem Thonboden kann man eine lange Futterröhre nicht herabbringen, wenn das Bohrloch nicht ungefähr ebenso weit ist, wie der äußere Durchmesser derselben. Der Bohrer muß sich also auf Dimensionen zurückbringen lassen, die geringer sind als die, welche er dem Bohrloche gibt. Unter solchen Verhältnissen wendet man die sog. Krebsscheere an; dieselbe besteht aus 2 etwas gekrümmten scharfkantigen Armen, welche durch Stahlfedern auseinander gedrückt werden und an dem untern Ende des Gestänges mit einem gemeinschaftlichen Drehbolzen befestigt sind.

Bei dem Ventilbohrer kommt zuweilen auch der Fall vor, daß sich die Ventile wegen dem Dazwischenkommen kleiner Steine nicht schließen, hier hat man alsdann das Instrument Fig. 35.

Endlich sind noch die Instrumente Fig. 37 und 38 zu erwähnen, welche den Zweck haben, kleinere Erweiterungen in hartem Boden unter der Futterröhre hervorzubringen, damit dieselbe leichter eindringe.

Bei allen Bohrarbeiten ereignen sich zuweilen Brüche im Gestänge oder in den Bohrern selbst, oder aber es stürzen durch Unvorsichtigkeit Theile des Apparats in das Bohrloch herab, welche zuerst entfernt werden müssen, bevor man die Arbeit fortsetzen kann. Hierzu hat man besondere Fang-Instrumente. Der einfachste Fall ist der, wenn die Verbindung zwischen 2 Gliedern des Gestänges gebrochen ist und es daher nur darauf ankommt, einen Bundring zu fassen. Hierzu dient am besten der spiralförmig gewundene Haken Fig. 22, welcher sogar die Stange faßt wenn sie keinen Bundring mehr hat. Auch der Krätzer, Fig. 44, kann in solchen Fällen gute Dienste leisten. Die Fig. 23 zeigt den Durchschnitt eines Instruments, welches ähnlich einer Schraubenkluppe ein Schraubengewinde am Kopf der Stange einschneiden soll; auch dieses hat zuweilen gute Dienste geleistet. In England hat man in neuerer Zeit das Instrument Fig. 24 angewendet, um ein Gestänge zu fassen. In der hohlen Büchse, in die man den Kopf der Stange hineinbringen muß, befindet sich ein kurzer Arm, der um eine horizontale Achse sich auf- und abbewegt, jedoch verhindert wird, eine horizontale, und noch mehr eine abwärts geneigte Stellung einzunehmen. Dieser Arm besteht aus Stahl und ist vorn zugeschärft. Tritt nun der Kopf der Stange in die Röhre hinein, so legt sich der Zahn um, beim Aufwinden der letztern aber klemmt er sich so fest gegen die Stange, daß dieselbe nicht mehr herabfallen kann.

Ein anderes Fanginstrument zeigt Fig. 46. Dasselbe kann auch zum Aufholen von Geschieben und Steinstücken verwendet werden.

Zuweilen kommt es vor, daß eine Futterröhre wieder herausgenommen werden soll; hier hat man das Instrument Fig. 36. Sind mehrere schmiedeiserne Futterröhren übereinander geschoben, so werden sie so abgeschnitten, daß überall nur eine Röhre bleibt; man bedient sich dazu des Instruments Fig. 47.

§. 8.

Die Futterröhren.

Manche Bodenarten, wie Sand, Kies und steinigter Grund, haben nicht so viel Zusammenhang, daß die Wände eines cylindrischen Loches von selbst sich

halten; sie stürzen vielmehr ein und verschütten das Bohrloch. Um nun solche Verschüttungen zu verhindern, werden die Bohrlöcher mit einer Einfassung versehen, welche man eine Futterröhre zu nennen pflegt.

Eine Futterröhre wird also selten entbehrt werden können, etwa nur in festem Felsen und zähem Lehmboden. Daß die Futterröhre nicht erst eingesetzt werden kann, wenn das Bohrloch fertig ist, versteht sich wohl von selbst; dieselbe muß in demselben Maße, wie die Tiefe des Bohrloches zunimmt, nach kurzen Zwischenräumen immer weiter nachgetrieben werden; sie muß daher die Einrichtung haben, daß sie nach Belieben verlängert werden kann. Das Herabtreiben geschieht entweder mit einer Ramme oder durch Drehung und steten Druck; in beiden Fällen wird die Röhre stark angegriffen und muß daher in allen Theilen eine hinreichende Festigkeit haben.

Obgleich man den Widerstand, der sich dem Herabgehen einer Futterröhre entgegensetzt, auf verschiedene Arten vermindern kann, so tritt doch bei zunehmender Tiefe ein Moment ein, wo diese Röhre nicht mehr weiter zu bringen ist. In diesem Falle muß man eine zweite Futterröhre, die gleich Anfangs die Länge der ersten hat, einsetzen, und abermals auf eine gewisse Tiefe herabtreiben; so kann manchmal eine dritte und vierte Röhre noch nothwendig werden, und es wird daher rathsam sein, bei tiefen Bohrungen die erste Röhre eher zu weit als zu eng anzunehmen.

Man hat die Futterröhren aus Holz, Gußeisen und Schmiedeisenblech angefertigt; hölzerne Röhren lassen sich immer nur auf geringe Tiefen anwenden, denn einestheils sind sie zu dick und anderntheils gestatten sie keine solide Längenverbindung. Häufig ist der Fall, daß man mit einer hölzernen Röhre anfängt und mit einer eisernen fortfährt.

Fig. 12, Taf. II., zeigt eine hölzerne cylindrische Futterröhre mit einer Stoßverbindung. Beide Theile sind auf die halbe Dicke ausgeschnitten und mit einem eingelassenen eisernen Ring befestigt. Fig. 13 zeigt den Kopf und Fig. 14 den Fuß einer sechsseitigen Röhre mit der Bewaffnung derselben durch einen schmiedeisernen Schuh, der mittelst 4 oder 6 Federn und Nägeln befestigt wird. Damit der Kopf beim Einrammen nicht Noth leidet, werden einige eiserne Ringe angelegt und ein Aufsatz von hartem Holze empfängt die Schläge des Rammbären.

Der franz. Ingenieur Garnier war es insbesondere, der statt hölzernen Röhren, hölzerne vier- oder sechsseitige Kasten anempfohlen hat. Dieselben können aber ihrer geringen Festigkeit wegen nur bei leichtem aufgeschwemmten Boden Anwendung finden.

Sollen die hölzernen Futterröhren zugleich als Steigröhren dienen, so sind sie möglichst wasserdicht zu verbinden.

In England sind besonders gußeiserne Futterröhren üblich, welche alsdann zugleich als Steigröhren für das Quellwasser dienen. Dieselben haben den Vortheil, daß sie leicht anzufertigen sind, dabei eine bedeutende Steifigkeit haben und keine große Wandstärke bedürfen. Dazu kommt noch, daß sie in gleichartigem Boden leichter rutschen als hölzerne Röhren und einen mäßigen Schlag mit der Ramme sicher ertragen. Die Vereinigung zweier Röhrenstücke, deren Länge

2,5 bis 3 Mtr. betragen kann, geschieht auf 2 Arten; entweder mit einem schmiedeisernen Ringe, welcher mit der Außenfläche bündig ist und die Berührung der Enden der Röhren hindert, oder ähnlich wie bei Wasserleitungsröhren, durch die sog. Muffe. Bei einem Durchmesser der Röhren von 0·18 Mtr. ist die Wandstärke 12 Millimtr. Das Eintreiben der gußeisernen Röhren geschieht entweder mit Hülfe eines Aufsatzes unter der gewöhnlichen Ramme, oder man stellt auch, wie Fig. 15, Taf. II., zeigt, einen leichten Rammapparat auf der Röhre selbst auf. Sollen die Futterröhren zugleich Steigröhren sein, so ist es nöthig die Fugen durch Vergießen mit Blei wasserdicht zu machen. Die Futterröhren aus gewalztem Eisenbleche gewähren am meisten Vortheile und sind deßhalb in neuerer Zeit bei allen größern Bohrungen angewendet worden. Diese Vortheile bestehen nämlich hauptsächlich darin, daß sie weniger Wandstärke bedürfen wie die gußeisernen Röhren, daß sie eine solidere Verbindung gestatten und endlich ihrer glatten Oberfläche wegen leichter aussehen. Sie haben allerdings nicht die Steifigkeit wie die gußeisernen Röhren, dagegen fehlt ihnen die Sprödigkeit der letztern, welche zuweilen Ursache war, daß lange schon begonnene Bohrungen wieder eingestellt werden mußten.

Das Eintreiben der gewalzten Röhren darf jedoch nicht ausschließlich mit der Ramme geschehen, vielmehr müssen dieselben mittelst Hebeln, die man ähnlich wie eine Zange anschraubt, gedreht werden. Degousée *) gibt den engsten Röhren, von 22 Centimeter Durchmesser, eine Blechstärke von 3 Millimeter, und den weitesten Röhren, von 40 Centimeter, eine Blechstärke von 7—8 Millimeter. Die Länge der einzelnen Röhrenstücke richtet sich nach der Breite der Bleche und beträgt gewöhnlich 1·2 Mtr.; dieselben werden wie gewöbnliche Blechröhren mit übergreifenden Rändern cylindrisch gebogen und vernietet. Ihre Zusammensetzung erfolgt, wie aus Fig. 11, Taf. II., ersichtlich, mittelst 24—30 Centimtr. hohen Ringen, welche von außen aufgeschoben und an einem Ende jedes Röhrenstückes schon aufgenietet sind. Das andere Ende, welches keinen Ring trägt, wird mit den nöthigen Rietlöchern versehen, welche genau mit den ebenfalls schon gebohrten Rietlöchern des vorstehenden Verbindungsringes correspondiren; soll nun ein Röhrenstück aufgesetzt werden, so hat man es nur so lange zu drehen bis die Rietlöcher aufeinander passen; nun faßt man einen glühenden Riet mit einer langen Zange und bringt ihn von innen in das Loch ein, faßt ihn mit einer zweiten Zange von außen und ersetzt die erstere durch einen kleinen entsprechend geformten Amboß, gegen welchen der innere Rietkopf beim Hämmern sich anlegt.

Statt der Rieten können auch Schraubenbolzen genommen werden. Eine noch solidere Verbindung wird dadurch hergestellt, daß man die Verbindungsringe so hoch macht, daß sie sich gegenseitig berühren und also eine äußere Röhre bilden. Hierbei werden gewöhnlich die beiden sich berührenden Flächen der Röhren verzinnt und auch mit Zinn zusammengelöthet, wodurch der Röhrenstrang zugleich wasserdicht wird. Für den Fall, daß das Loth in die Röhre hineinfließt und sonach die innere Weite verengt, so ist dasselbe mit einem Apparate wie Fig. 38

*) Guide du Sondeur etc. par Degousée. Paris 1847.

leicht auszubohren. Sollten sich in der Röhre an irgend einer Stelle Falten bilden, so können diese mit einem abgerundeten Kolben entfernt werden.

Dient die Futterröhre zugleich als Steigröhre, so ist sie auch auf der innern Seite zu verzinnen, damit die Oxidation nicht so leicht Platz greifen kann.

Werden mehrere Röhren ineinander geschoben, so schneidet man jedesmal die engere etwas über dem untern Ende der folgenden Röhre ab, wozu, wie bereits erwähnt, der Apparat Fig. 47 brauchbar ist.

§. 9.

Ausführung der artesischen Brunnen mit festem Gestänge.

Wenn an irgend einer Stelle der Erdoberfläche ein artesischer Brunnen angelegt werden soll, und die oberste Schicht nicht gerade Felsen ist, so erscheint es sehr angemessen und sogar vortheilhaft, bevor die Bohrung begonnen wird, eine Grube von 3 bis 10 Meter Tiefe auszuheben. Man vermindert dadurch nicht allein die Länge des Bohrgestänges, sondern hat auch um so viel weniger zu bohren, als die Tiefe der Grube beträgt. Dazu kommt noch der weitere vortheilhafte Umstand, daß in einer solchen Grube einige Rahmen sicher befestigt werden können, in denen die Futterröhre senkrecht herabgetrieben wird, und endlich kann auch das Gestänge beim Herausnehmen in größere Theile zerlegt werden. Dieser letzte Punkt ist von nicht geringer Wichtigkeit, denn ohne Grube müßte man, um denselben Vortheil zu haben, ein sehr hohes Bohr-Gerüst aufstellen.

Die Tiefe der Bohrgrube wird sich natürlich in dem Falle von selbst ergeben, wenn das Horizontalwasser darin sichtbar wird. Die Seitenwände der Bohrgrube werden sich übrigens nicht immer von selbst halten, sondern bedürfen auch einer Einfassung, die gewöhnlich von Holz ist und die gleiche Construction hat wie eine Schachtzimmerung. Nur in seltenen Fällen und dann, wenn voraussichtlich die Bohrung lange Zeit dauert, wird zuweilen der obere Theil der Grube mit Steinen eingefaßt. Fig. 48 Taf. II. Ist nun Alles zum Beginnen der Bohrarbeit vorbereitet, so macht man bei festerem Boden sogleich den Anfang mit derselben und setzt die Futterröhre erst ein, nachdem man einige Tiefe erreicht hat; bei sehr leichtem Boden, Sand rc. würde dagegen das Bohrloch, so lange es nicht eingefaßt ist, nicht offen zu halten sein und muß daher hier zuerst die Futterröhre einsetzen. Eine Hauptbedingung ist dabei die, daß die erste Röhre, etwa zwischen 2 Rahmen, die zur Leitung dienen, genau senkrecht eingerammt wird; ist dieselbe nur 3 Mtr. tief eingedrungen, so hat die weitere Arbeit keine Schwierigkeiten mehr. Eine aus gewalztem Eisenbleche angefertigte Röhre läßt sich freilich nicht so einrammen, weßhalb man zuerst eine hölzerne Röhre auf 6 bis 9 Mtr. Tiefe herabtreibt, und diese alsdann zur Führung für die eiserne Röhre verwendet.

Die Bohrgerüste selbst werden verschieden angeordnet sein müssen, und richten sich nach der Beschaffenheit des zu durchfahrenden Bodens. Bei weichem Boden muß das Gestänge gedreht werden, während es am Hebezeuge hängt, und insofern zum Herabtreiben der Futterröhre die Ramme nöthig ist, hat man die Einrichtung zu treffen, daß der Rammklotz in der Richtung des Gestänges spielen

und nach Belieben leicht entfernt werden kann. Bei hartem Boden, welcher durch fortgesetztes Aufstoßen der Bohrer durchfahren werden muß, ist hierzu die nöthige Einrichtung zu treffen, denn das Gestänge hat gewöhnlich ein so großes Gewicht, daß es nicht von einigen Arbeitern gehoben werden kann. Dabei muß denn auch darauf Rücksicht genommen werden, daß ein sehr schweres Gestänge nicht zu stark aufstößt, indem dadurch der Bohrer Noth leiden würde.

Für eine kleinere Bohrarbeit in verschiedenen Bodenschichten würde ein Apparat genügen, wie Fig. 10, Taf. I. zeigt. a und d sind Kopfstücke; b, c und e Drehhebel; f, h, i, l und m verschiedene Bohrer; g Theil des Gestänges; n Futterröhre aus Eisenblech; o Räumer. Das Tau, welches über die Rolle des dreibeinigen Bockes nach dem Bohrgestänge führt, geht gewöhnlich von einer Winde oder einer einfachen hölzernen Welle aus.

Die Fig. 11 und 11a zeigen ein Bohrgerüst von größerer Höhe. Hier hängt das Gestänge während der Arbeit an dem Ende eines Hebels a. Das Herausnehmen des Gestänges geschieht mit Hülfe eines Taues, das über die Rolle b nach einer Winde führt.

Bei diesen beiden Vorrichtungen fehlt die Ramme und ist also vorausgesetzt, daß die Futterröhre mit der Handramme eingetrieben wird. Soll eine förmliche Zugramme angebracht werden, so hat das ganze Gerüst mehr den Charakter eines Rammgerüstes und steht auf einer Seite der Bohrgrube oder des Bohrloches. An demselben Taue, woran das Gestänge hängt, kann auch die Ramme angehängt werden, wenn ersteres herausgehoben ist; jedesmal nach vollendeter Rammarbeit wird der Rammklotz auf die Seite gestellt, und die eigentliche Rammvorrichtung mit den Läufern sucht man an das Bohrgerüst der Art zu befestigen, daß es die Bohrarbeit nicht hindert.

Wenn die Bohrung voraussichtlich lange andauert, so ist es zweckmäßig, über das ganze Gerüst ein Dach zu machen und es förmlich in ein Gebäude einzuschließen. Hagen gibt die Beschreibung einer solchen Einrichtung für den Fall, daß in festem Gestein, also durch Aufstoßen des Bohrers gebohrt werden soll. Fig. 48, Taf. II., gibt einen Durchschnitt des Bohrgebäudes. Der Hebel JK dreht sich um die Achse L und dient zum Heben des Gestänges; am Ende des längern Arms dieses Hebels sind mehrere Zugleinen angebracht, an welchen die Arbeiter herabziehen und dadurch das Gestänge heben; letzteres fällt hierauf von selbst nieder, wobei der Bohrer am Boden des Bohrloches aufstößt. Die Wirkung des Bohrens wird aber vergrößert und die ganze Arbeit erleichtert, wenn der Bohrer, nachdem er den Stoß ausgeübt hat, sogleich zurückspringt, und dieß erreicht man, indem der Hebel mit einem elastischen Prellbalken MN verbunden wird. Das Gestänge muß so aufgehängt sein, daß im Zustande des Gleichgewichts der Bohrer kaum den Boden des Bohrloches berührt, und hierzu dient die in der Figur dargestellte Befestigungsart der Kette an einen verschiebbaren Haken. An dem Hebelarme O hat ein Arbeiter die fortwährende Drehung des Gestänges zu besorgen, damit das Bohrloch schön rund wird. Soll das Gestänge gehoben werden, so faßt man es mit dem Haken P, der an einem starken Tau befestigt ist, welches letztere um die Welle eines Laufrades geht. Dieses Laufrad ist mit einer

Bremsvorrichtung versehen, welche beim Herablassen des Gestänges in Thätigkeit tritt.

Nachdem man einige Zeit gebohrt hat, muß der Bohrschlamm herausgenommen werden; dazu dient der Ventilbohrer oder Löffel Q, welcher mit Hülfe der Winde R herabgelassen wird.

Bei allen Bohrarbeiten ist es immer nöthig, die jedesmalige Tiefe genau zu kennen, und man thut daher wohl, bei der Zusammensetzung des Gestänges ein sorgfältiges Journal über alle angeschraubten Glieder führen zu lassen. Besonders wichtig ist diese Maßregel aber bei einem Stangenbruche, weil man dann gleich weiß, bis zu welcher Tiefe das Fanginstrument herabgelassen werden muß, damit es am sichersten fassen kann.

Zur Vollendung des artesischen Brunnens gehört endlich noch die Steigröhre, durch welche der aufgeschlossene Quell zur Erdoberfläche heraufsteigt. Häufig wird man zwar die Futterröhre zugleich als Steigröhre benützen können, ist dieß aber nicht möglich, so wird eine neue Röhre eingesetzt, die zwei Eigenschaften besitzen muß: 1) darf sie nicht vom Wasser angegriffen werden und 2) muß sie wasserdicht sein. Diese beiden Eigenschaften sind selten bei einer Röhre vereinigt, und insbesondere haben die schmiedeisernen Röhren den Nachtheil, daß sie leicht vom Roste durchfressen werden. Eine Verzinnung auf der innern Seite wird diesem Uebelstande kaum begegnen, weil immer einzelne Stellen unbedeckt bleiben.

Weit dauerhafter sind die gußeisernen Steigeröhren; dieselben werden an den Enden genau abgedreht und so ineinander gepaßt, daß die äußeren Flächen bündig werden; zur Befestigung dienen einige Bolzen mit eingelassenen Köpfen und Muttern.

In schwefelhaltigem Wasser sind besonders Zinkröhren zu empfehlen.

Sehr dauerhaft, aber etwas kostspielig, sind in jedem Falle die Kupferröhren, die man innen verzinnt und an den verticalen Fugen zusammenlöthet; die Vereinigung der einzelnen Röhrenstücke geschieht mittelst übergeschobener Ringe und Schraubenbolzen, wobei der Raum zwischen den Ringen und Röhren ebenfalls mit Zinn ausgegossen wird. Die Stärke der Röhren beträgt etwa 3 bis 5 Millimeter.

Werden endlich die Steigröhren von Holz, so eignet sich am besten das Kiefern- oder Erlenholz. Die Verbindung der etwa 2·5 Mtr. langen Röhrenstücke ist durch die Fig. 12, Taf. II. ersichtlich; sie wird nur dadurch noch fester gemacht, daß man von außen 3 oder 4 eiserne Federn annagelt.

Beim Einbringen der Steigröhren muß man mit großer Vorsicht verfahren, um jeder Beschädigung derselben vorzubeugen. Zeigt sich ein Hinderniß, welches nicht durch vermehrten Druck oder sanftes Drehen beseitigt werden kann, so bleibt nichts übrig, als die ganze Röhre wieder herauszunehmen und das Bohrloch zu räumen.

Ist die Steigröhre eingesetzt, so füllt man den leeren Raum zwischen ihr und der Futterröhre mit hydraulischem Mörtel aus.

§. 10.

Ausführung der artesischen Brunnen nach der chinesischen Methode ohne festes Gestänge.

Das Bohren nach der chinesischen Methode oder das Seilbohren ist weit weniger üblich, wie das mit festem Gestänge und kann überhaupt nur bei festem Gestein Anwendung finden. Selbst hier zeigt es sich aber weniger wirksam als jenes, da der Bohrer nicht gedreht werden kann.

Die Bohrer, welche man beim Seilbohren anwendet, sind genau übereinstimmend mit den eben beschriebenen Steinbohrern; sie dürfen aber nicht unmittelbar an dem Seile hängen, sondern müssen vielmehr an eine mehrere Meter lange Achse, welche oben und unten mit Leitscheiben versehen ist, die nahe die ganze Weite des Bohrloches einnehmen, angeschraubt sein.

Zur Entfernung des Bohrschlammes dient auch hier der Löffel mit dem Ventile oder der Kugel. In Bezug auf das Seil ist noch zu bemerken, daß man dasselbe zuweilen in gewissen Abständen mit hölzernen Kugeln versieht, um das Schleifen gegen die rauhen Felswände zu verhindern; sie hindern indeß die Bewegung des Seils und entkräften beim Herabfallen den Stoß des Bohrers. Der Bohrapparat kann sehr einfach sein. Das Seil geht oben über eine hölzerne Scheibe nach dem Drehhebel, welcher mit einem Prellbalken in Verbindung gesetzt ist; von hier geht es über die Welle eines gewöhnlichen Spillhaspels, der zum Aufwinden und Herablassen des Bohrers dient und deßhalb auch mit einer Bremse versehen sein muß. Die genannte Scheibe hat an ihrem Umfange 6 ausgestemmte Löcher und eine Rinne für das Seil; ist nun das Seil herabgelassen, so wird der Drehhebel in eines dieser Löcher hineingesteckt und das Seil um ihn herumgeschlungen und mit einem dünnen Tau befestigt. Der herabgedrückte Drehhebel wird alsdann mit dem Prellbalken durch eine Leine verbunden.

§. 11.

Das Bohrsystem von Fauvelle. *)

Wenn mittelst eines hohlen Bohres in ein Bohrloch, nach Verhältniß als man dasselbe niedertreibt, Wasser einströmt, so nimmt dasselbe beim Wiederaufsteigen allen Bohrschlamm mit sich hinauf; dieß ist das Problem, das sich Herr Fauvelle stellte und das er so glücklich gelöst hat, daß jetzt ein neues Bohrsystem besteht. Sein Apparat besteht aus einem hohlen Bohrer, gebildet aus aneinander geschraubten Röhren; der untere Theil des Gestänges ist mit dem Bohrer versehen, welcher je nach der Gebirgsart verschieden geformt sein kann. Der Durchmesser des Bohrers ist größer als der Durchmesser der Röhren, um einen kreisförmigen Raum zu gewinnen, in welchem das Wasser aufsteigt. Der oberste Theil des Bohrers steht in Verbindung mit einer Druckpumpe durch gegliederte Röhren, welche der niederfallenden Bewegung des Bohrers auf einige Mtr. Tiefe

*) Förster, Bauzeitung. 1849.

folgen. Der Bohrer wird durch eine mit einem Drehhebel hervorgebrachte drehende Bewegung oder durch Stoß belebt. Wenn mit dem Bohren angefangen werden soll, so beginnt man damit, die Pumpe in Bewegung zu setzen; man führt bis zur Sohle des Bohrloches und durch das Innere des Gestänges hindurch eine Wassersäule ein, welche beim Aufsteigen in den kreisförmigen Raum zwischen der Bohrröhre und den Wänden des Bohrloches die aufsteigende Strömung bewirkt, welche den Bohrschlamm mit sich führen soll; man behandelt dann den Bohrer wie einen gewöhnlichen Bohrapparat, und nach Maßgabe, als das Instrument Stücke von dem Gebilde ablöst, werden dieselben von dem Strome hinweggeführt. Es geht aus diesem Gange hervor, daß, da die abgelösten Trümmer fortwährend von dem Wasser mitgenommen werden, das Heraufziehen des Bohrers zur Räumung desselben nicht nothwendig ist, wodurch viel Zeit gewonnen wird. Ein weiterer Vortheil ist aber auch noch der, daß das eigentliche Bohrwerkzeug von dem Gestein niemals verschüttet und gehemmt werden kann, und daß dasselbe stets ohne Behinderung auf das zu durchfahrende Terrain wirkt, was die Schwierigkeit des Bohrens bedeutend vermindert. Wenn man dabei noch erwägt, daß ein hohles Bohrgestänge mehr Torsionswiderstand hat als ein massiver Bohrer bei gleichem Volumen, so wird man einen richtigen Begriff von den hauptsächlichsten Vortheilen dieses Systems erhalten.

Eine in Perpignan auf dem Dominikanerplatz ausgeführte Bohrung, war nach 14 Arbeitstagen auf 170 Mtr. Tiefe gebracht.

Um auch Kiesel und Steine von einem gewissen Gewicht heraufzufördern, hat Fauvelle es versucht, das Wasser durch den kreisförmigen Zwischenraum hinunterfallen und durch die Bohrröhre aufsteigen zu lassen; er brachte Kiesel von 6 Centimtr. Länge und 3 Centimtr. Stärke zu Tage. Daß aber dieses beschriebene System trotz der bedeutenden Vortheile niemals eine allgemeine Anwendung finden kann, bedarf kaum der Erwähnung, denn es ist z. B. ganz unzulässig, wenn die Bohrung durch eine absorbirende Erdschicht geht.

Zweiter Abschnitt.

Wasserleitungen.

Wasserleitungen.

§. 12.

Speisung der Leitungen.

Zu dem Entwurfe einer Wasserleitung ist vor allem die Kenntniß der hydraulischen Gesetze und Formeln nöthig, welche sich auf die Bewegung des Wassers in Röhren, sowie auf den Ausfluß desselben durch Oeffnungen, mit oder ohne Ansatzröhre, beziehen. Da diese Kenntniß, als lediglich in die Hydraulik gehörig, hier vorausgesetzt werden muß, so wenden wir uns sogleich an die Speisung der Leitungen.

Die Wasserleitungen, welche hier betrachtet werden sollen, haben den Zweck, größere Orte mit reinem Wasser zu versorgen. In gebirgigen Gegenden oder kleineren Gebirgsstädten, sind solche Wasserleitungen gewöhnlich sehr einfach, indem der Quell, durch den sie gespeist werden, schon reines und klares Wasser enthält, und in einer solchen Höhe gefaßt wird, daß die Leitung direct in ununterbrochener Neigung zu dem höchsten Punkt der Stadt geführt werden kann. Viel größer werden die Schwierigkeiten, wenn man in weiter Entfernung den Quell suchen muß und wenn derselbe nur wenig höher liegt, als das Niveau der Stadt selbst oder gar durch tiefe Terraineinschnitte von derselben getrennt ist. Hier muß das Wasser noch künstlich auf eine Höhe gehoben werden, welche der Summe aller Widerstände entspricht, die sich in der ganzen Leitung vorfinden, denn wollte man das Wasser nur so hoch heben als der höchste Punkt der Stadt, so würde nicht nur kein Ausfluß dort stattfinden, sondern es würde sich das Wasser wegen den vielen Widerständen in der Leitung selbst und durch Krümmungen, Verengungen ꝛc. derselben, nicht einmal auf die Höhe stellen, auf welche man es gehoben hat. Nicht immer wird es jedoch zweckmäßig sein, das Wasser erst auf eine den Widerständen entsprechende Höhe zu heben, sondern man wird es zuweilen vorziehen, ihm durch ein Druckwerk die nöthige Kraft zu geben. Endlich kann es aber auch geschehen, daß alle Quellen und Bäche umher die ganze Wassermenge, die man braucht, gar nicht enthalten, und es bleibt alsdann nur der Ausweg übrig, das Wasser aus einem Strome, der in der Nähe liegt, oder vielleicht die Stadt durchschneidet, künstlich zu heben, und wenn dasselbe, wie ge-

wöhnlich, nicht den nöthigen Grad von Reinheit besitzt, es noch zu filtriren, bevor man es durch die Leitung in der Stadt verbreitet. Diese Methode ist in neuerer Zeit vielfach mit Erfolg in Anwendung gekommen, insbesondere bei sehr großen Städten wie London, Paris ꝛc. In früheren Jahrhunderten, wo man mit dem Bau der Maschinen noch weit zurück war, mußten auch die Leitungen eine andere Einrichtung erhalten. Die ältesten römischen Wasserleitungen führten das Wasser nicht in Röhren, sondern in Kanälen, die ein gleichförmiges Gefälle erhielten. Dieß machte solche Anlagen besonders kostspielig, da oft ganze Thäler durch kühne Aquaducte überschritten werden mußten. Mit Anwendung der gußeisernen Röhren hätten solche massive Unterbaue entbehrt werden können, denn der starke Druck, der durch die Senkung der Röhrenleitung bis zur Sohle des Thales entsteht, treibt das Wasser in dem aufsteigenden Theil der Röhre beinahe bis zu derselben Höhe wieder herauf. Man hat von diesem Prinzip in neuerer Zeit verschiedentlich Anwendung gemacht; z. B. bei der Solenleitung zwischen Berchtesgaden und Illsang, wo die Röhre an einer Stelle etwa um 200 Fuß ihr Niveau verändert.

Nicht nur in Rom, sondern auch in allen Ländern, die der römischen Herrschaft unterworfen waren, finden sich noch Ueberreste von solchen Wasserleitungen, welche auf eine bedeutende Höhe der Aquaducte schließen lassen.

Besonders hervorragend erscheint der um das Jahr 740 unter Theodorich erbaute Aquaduct bei Spoleto; 10 gothische Bogen von 68 Fuß Spannung bilden den Unterbau und darüber trägt eine Reihe von 30 kleinern Bögen den Kanal; nach der Zeichnung von Gauthey ist die Höhe des Baues 410 Fuß über dem Wasserspiegel des Flusses Moragia.

Noch in den letzten Jahrhunderten entstanden namentlich in Frankreich mehrere solcher Bauwerke, so 1558 der Aquaduct bei Arles über den Crau; 1624 wurde neben den Ruinen des alten Aquaducts von Arcueil ohnfern Paris unter Maria von Medicis ein neuer gebaut. Im 17. Jahrhundert baute man neben Versailles die Aquaducte von Marly und Buc, und führte Pitot den Aquaduct bei Montepellier aus.

Obgleich diese ältern Wasserleitungen sich durch die Kühnheit und Großartigkeit der Kunstbauten auszeichnen, so haben sie doch in hydrotechnischer Hinsicht wenig Bemerkungswerthes und unterscheiden sich nur dadurch von den heutigen Wasserleitungen, daß das Wasser in einem offenen Kanale strömt.

Später, als man die Vortheile gußeiserner Röhren erkannte, wurden zuweilen Leitungen nach einem gemischten System ausgeführt, indem man theils wieder offene Kanäle, theils Röhren anwendete. Ein Beispiel gibt die Wasserleitung von Genua. Auf dem Hügel Molassana, ohnfern des Geivatoflusses, wird das Quellwasser in einem Reservoir gesammelt und dieses speist eine gußeiserne Röhrenleitung von 1′ Durchmesser, die theils auf dem natürlichen Abhang ruht, und theils auf einer 430′ langen Untermauerung mit neun Bogenöffnungen bis zum alten Aquaduct herabsteigt; der Aquaduct ist auf 350′ Länge mit 8 Bogenöffnungen horizontal und etwa 60′ über dem Wasserspiegel geführt worden, dann hebt er sich auf der andern Seite mit 6 Bogenöffnungen auf 300′ Länge, und

hier gewinnt die Röhrenleitung wieder das hohe Ufer, genannt del Pino, wo sie wieder in einem Reservoir ausmündet und weiterhin durch eine offene Leitung ersetzt wird. Der unterste oder der mittlere Theil des Röhrenstranges liegt 159′ unter dem Reservoir, das die Röhre speist, und 135′ unter demjenigen, in welches sie ausmündet; das ganze Gefälle beträgt also 24′, während die Länge der Röhrenleitung 2100′ mißt.

Besonders interessant ist die Röhrenleitung, welche das Wasser nach Constantinopel führt. Auf eine ganz eigenthümliche Art hat man hier die Leitung abwechselnd immer unterbrochen und das Wasser mit der Luft in Berührung gebracht; um indessen dabei nicht den Vortheil der Druckhöhe zu verlieren, so war es nöthig, die offenen Bassins auf hohe aufgemauerte Thürme zu stellen. Diese letztern errichtete man in Entfernungen von 600 Fuß, und führte das Wasser mittelst Bleiröhren in die Höhe und wieder herunter auf die Thalsohle nach der Röhrenleitung, die aus gebrannten Thonröhren besteht. Der Zweck dieser Anordnung scheint einestheils der zu sein, daß man bei vorkommenden Beschädigungen die schadhafte Stelle um so leichter erkennt, theils aber vertreten die Bassins auf den Pfeilern die Stelle von Luftspunden oder Luftröhren, die sich übrigens auch weit einfacher und weniger kostspielig anbringen lassen.

Wasserleitungen, welche durch Bäche gespeist werden, finden sich in vielen Ländern; schon im Jahre 1606 leitete man die Flüßchen Chadwell und Amwell in Hertfordshire nach London, um deren Wasser daselbst zu vertheilen. Die aufgefangenen Quellen sind in gerader Linie nur 20 englische Meilen von London entfernt, man mußte aber einen Speisekanal bis zu den Reservoirs im New-River-Head im Kirchspiel Clerkenwill führen, der eine Länge von 38¾ Meilen bekam. Die Breite des Kanals ist durchschnittlich 18 Fuß, die Tiefe 5 Fuß. Das Gefälle beträgt auf 21120 Fuß ein Fuß. Später reichten die beiden genannten Flüßchen nicht mehr aus und man nahm noch mehr Wasser aus dem Leaflusse, welcher unmittelbar neben dem New-River ausströmt. Um das Wasser in dem New-River rein zu erhalten, sind auf je 4 Meilen Länge des Kanals Aufseher angestellt, welche darauf achten, daß nichts hineingeworfen und das Wasser in keiner Weise verunreinigt wird.

Weit mehr kam in neuerer Zeit der Fall vor, daß man das Wasser für die Leitung durch Pumpwerke aus einem Strome entnahm. Anlagen dieser Art haben den Vortheil, daß sie am wenigsten von günstigen Lokalverhältnissen abhängig sind und sich beliebig ausdehnen lassen, indem es nur darauf ankommt, die Schöpfmaschine der Wassermenge entsprechend zu construiren.

Die Wasserleitungen von London werden gegenwärtig größtentheils auf diese Art versehen. Schon im Jahr 1724 wurden die Chelsea Waterworks unterhalb London eingerichtet, die durch Dampfmaschinen gespeist werden, und in diesem Jahrhundert entstanden die Leitungen West-Middlesex-Waterworks, Southwark-Waterworks, Lambeth- und South London-Waterworks, die alle ihr Wasser aus der Themse erhalten. Nur die New-River Leitung bringt Quellwasser mit dem natürlichen Gefälle nach London.

Auch in Nord-Amerika ist diese Art der Wasserleitungen fast ausschließlich in

Anwendung. So ist in Philadelphia eine Leitung, die das Wasser aus dem Schuylkillflusse bezieht; zu diesem Behufe ist 1½ engl. Meilen oberhalb der Stadt ein 24 Fuß hohes Wehr gebaut, welches das Wasser 12 Fuß hoch staut. Auf der einen Seite des Wehrs befinden sich 6 Wasserräder, wovon jedes ein Pumpwerk treibt. Die Steigröhren sind 16 Zoll weit und heben das Wasser 92 engl. Fuß hoch in die Reservoirs. Im Mittel liefert jede Pumpe täglich 530000 Gallons Wasser. Pittsburg am Ohio hat eine Wasserleitung, welche durch eine Dampfmaschine von 84 Pferdekraft gespeist wird, sie schöpft täglich 150000 Gallons 116 Fuß hoch aus dem Ohio.

Auch in Frankreich sind derartige Wasserleitungen ziemlich häufig. Paris erhält alles Wasser aus der Seine. Besonders wichtig sind die Dampfmaschinen Chaillot und Gros-Caillou, welche am rechten und linken Seineufer kurz vor deren Austritt aus Paris das Wasser heben und große Theile der Stadt damit versorgen. Die erste, bestehend aus 2 sehr großen Maschinen nach dem älteren Watt'schen Prinzipe, hebt das Wasser 118 Fuß hoch in die ausgedehnten Reservoirs auf der Anhöhe hinter den elyseischen Feldern neben dem Thore Barrière des Reservoirs. Die Maschine Gros-Caillou am linken Seineufer hebt das Wasser 100 Fuß hoch in ein kleines Bassin, welches in einem Thurme auf dem Maschinengebäude selbst angebracht ist.

Sehr wichtig ist auch die Anlage, welche vor wenigen Jahren in Toulouse ausgeführt wurde und das Wasser der Garonne verbreitet. Das Pumpwerk wird durch Wasserräder bewegt und soll 200 Wasserzolle oder 4000 Kubikmeter in 24 Stunden 20 Mtr. hoch heben.

§. 13.

Messung und Ansammlung des Wassers.

Die Leitung bezieht entweder ihr Wasser von Quellen und Bächen oder aus einem Strome. Im ersten Falle entsteht zunächst die Frage, ob diese Quellen oder Bäche auch reichhaltig genug sind, um den Bedarf zu decken. Die Ergiebigkeit einer Quelle oder eines Baches läßt sich wohl annähernd aus der Ausdehnung und Beschaffenheit des Terrains, welches die Zuflüsse liefert, und der Größe des atmosphärischen Niederschlags beurtheilen, allein damit genügt es in der Regel nicht, sondern wird vielmehr verlangt, daß die disponiblen Wassermengen genau angegeben werden sollen.

Wie nun solche Messungen anzugreifen sind, wäre hier der Ort auseinanderzusetzen und verweisen wir deßhalb auf den VI. Abschnitt §. 62, worin derselbe Gegenstand erörtert wurde.

Von der Messung der Wassermenge eines Flusses oder Stromes wird in dem III. Abschnitte §. 18. g die Rede sein.

Will man einen Bach oder Fluß zur Speisung einer Wasserleitung benutzen, so muß das Wasser an einer Stelle geschöpft werden, wo es möglichst rein ist. Da sich nun am Boden jederzeit die meisten erdigen Theilchen befinden, so erscheint es in allen Fällen gerathen, nur an solchen Orten zu schöpfen, wo eine größere

Wassertiefe vorhanden ist, und hiermit begründet sich auch schon der Erfahrungssatz, daß man nicht zu nahe an ein Ufer gehen soll, zumal da auch hier allerlei Verunreinigungen des Wassers vorkommen können.

Auch eine starke Strömung vermeide man an der Stelle, wo die Ableitung stattfindet so viel als thunlich, indem das schnell bewegte Wasser eine Menge feiner Sand- und Schlammtheile schwebend erhält, die sich alsdann in dem Speisekanal oder der Röhre niederschlagen.

In Erwägung dieser Umstände dürfte es sehr zweckmäßig sein, an einer passenden Stelle des Baches ein Wehr zu bauen, denn dadurch vergrößert sich der Wasserstand und wird die Geschwindigkeit des Wassers vermindert.

Die Fig. 1 und 1a, Taf. III., zeigen die gewöhnliche Anordnung, wie Quellen zum Speisen hölzerner Leitungen aufgefangen werden. Die Grundrinne, welche den Anfang der Leitung bildet, liegt in dem Erddamme, welcher den Stau des Wassers bewirkt; sie wird an ihrem vorderen Ende mit einem hölzernen Zapfen geschlossen. Auf dieser Rinne steht der Rinnstock b, der sie mit 2 Backen von beiden Seiten umfaßt und auf der nach oben gekehrten Seite einen offenen Schlitz hat, welcher mit einer gewissen Anzahl von Brettchen zugestellt werden kann. An der Stelle des Schlitzes, wo das Wasser eintritt, ist ein Gitter angebracht, um das Eintreiben von Laub und andern schwimmenden Körpern zu verhindern.

Bei Anwendung gußeiserner Röhren umgibt man die im Wasser liegende Oeffnung gewöhnlich mit einer kugelförmigen durchlöcherten Blechhaube.

Auch unterirdische Quellwasser können aufgefangen und zur Speisung von Leitungen verwendet werden. Im Jahr 1830 wurde z. B. eine neue Wasserleitung in der Stadt Frankfurt a. M. errichtet. Die Voruntersuchungen ergaben, daß sich auf einer Seite nächst der Stadt das Terrain erhöht, und daß sich in einer zwischen 10 und 30 Fuß wechselnden Tiefe eine Lettenlage vorfindet, über der stets gutes Wasser unterirdisch ablief. Es handelte sich nun darum, an einer Stelle, wo es noch möglich war, das Wasser durch seinen eigenen Druck in die Stadt ablaufen zu machen, dasselbe zu sammeln und es in eine Röhrenleitung zusammenzufassen. Diesen Zweck erreichte man dadurch, daß man in einer Höhe von etwa 120 Fuß über der Stadt 2 gemauerte Gallerien, eine von 1800 Fuß, die andere von 2400 Fuß Länge in einer auf die unterirdische Strömung des Wassers senkrechten Richtung so anlegte, daß deren Sohlen auf die Lettenlage zu liegen kamen, und die gegen die Stadt gekehrte Einfassungsmauer in diese Lettenlage versenkt und wasserdicht ausgeführt wurde, während man bei der andern Mauer offene Fugen ließ.

In der Ausführung dieser Gallerien wurden einige erweiterte und etwas mehr vertiefte Stellen in der Form von Brunnen angelegt, die im Wesentlichen den Zweck haben, dem zufließenden und sich auch in der Gallerie bewegenden Wasser Gelegenheit zu verschaffen, beigemengte Bestandtheile abzusetzen, damit es sodann dem Anfange der Leitung ganz klar zufließe. Fig. 2 und 2a ist ein solcher Wassersammlungsbrunnen mit 3 zusammenstoßenden Gallerien. Fig. 3 und 3a ist ein Brunnen, aus dem die Röhrenleitung ausgeht; hierbei ist a ein Seiher und b ein Ventil, um nöthigenfalls den Einlauf des Wassers ganz zu hindern.

Wird das Speisewasser für eine Leitung aus einem Strome geschöpft, so ist die Speiseröhre zugleich Saugröhre für die Wasserhebmaschine. Eine künstliche Aufstauung kommt hier nicht vor und man muß die Röhre so tief legen, daß sie auch bei dem niedrigsten Wasserstande in Wirksamkeit bleiben kann.

Es sind hier zweierlei Anordnungen gewählt worden, bei beiden tritt die Saugröhre in den Fluß hinein, krümmt sich aber einmal aufwärts, das anderemal abwärts. Offenbar ist die erstere Anordnung, wie sie auch in England üblich, die zweckmäßigere, weil dabei die Röhre tiefer zu liegen kommt und weniger äußeren Beschädigungen ausgesetzt bleibt. Die Röhrenmündung muß ebenfalls vor Beschädigungen gesichert sein, und dieses geschieht durch ein massives Thürmchen mit Fensteröffnungen, welche durch Gitter und Drahtnetze geschlossen sind. Dieses Thürmchen ist bei Niederwasser sichtbar, bei Hochwasser wird es überfluthet.

Nicht immer kann jedoch die ganze zufließende Wassermenge des Quells oder Baches der Röhrenleitung zugeführt werden, indem noch ein Theil der disponiblen Wassermenge zu andern Zwecken bestimmt ist, und in diesem Falle muß alsdann irgend eine Einrichtung zur Vertheilung getroffen werden. Das gewöhnlichste Mittel, dessen man sich zu bedienen pflegt, besteht darin, daß man den Speisekanal mit einer Schütze oder die Röhre mit einer Ventile versieht und daß alsdann ein Aufseher bei den verschiedenen Wasserständen nach Vorschrift den Zufluß regulirt. Dieses Mittel ist indeß kostspielig und hat den weitern Nachtheil, daß die verschiedenen Wasserberechtigten von der Aufmerksamkeit eines Aufsehers abhängen. Man hat deßhalb vielfach Einrichtungen getroffen, die diesen letzten Nachtheil nicht haben, indem sie sich von selbst reguliren. Hierher gehören z. B. die schwimmenden Heber, die bei allen Wasserständen des Baches immer eine gleiche Quantität Wasser abführen.

Diese Selbstregulirung der Zu- und Abflüsse ist besonders interessant bei der sehr bedeutenden Wasserleitung, welche Greenock, ein Städtchen 1 Meile unterhalb Glasgow an dem Clyde gelegen, mit Wasser versorgt. Hier sind große Sammelbassins in bedeutender Höhe über dem Clyde angelegt, aus welchen den bestehenden Mühlen gerade ihr Bedarf gegeben und alles andere Wasser zur Leitung verwendet wird. Die Fig. 1, Taf. IV, zeigt z. B. die Vorrichtung, um einen Mühlengraben aus dem Sammelbassin zu speisen. A ist das Niveau im Bassin, B das im Mühlgraben. Ein Schütz C ist durch einen Hebel mit dem Schwimmer FG verbunden. Sobald sich nun das Wasser im Mühlgraben senkt, so hebt sich das Schütz C und es tritt wieder Wasser ein. Nun trifft es sich zuweilen, daß durch Seitenzuflüsse der Wasserspiegel im Mühlgraben zu hoch steigt, damit alsdann keine Gefahr für die Einrichtung entsteht, ist die Achse des Schwimmers nicht unmittelbar am Hebel befestigt, sondern an einem zweiten Hebel, der durch ein Gewicht H in einer bestimmten Stellung gegen den ersten erhalten wird. Sobald jetzt der erwähnte Fall eintritt, so hebt sich der zweite Hebel mit dem Gewichte, und die Achse gleitet an demselben fort und erlaubt dadurch dem Schwimmer noch ansehnlich weiter zu steigen.

Die Fig. 2 derselben Tafel zeigt eine andere Einrichtung für den Fall, daß aus einem Mühlgraben, sobald derselbe mehr Wasser führt, als zum Betrieb der

Mühlen erforderlich ist, der Ueberschuß nach dem Speisebassin geleitet werden soll. A ist der Mühlengraben. Die Klappe BD, die sich um die Achse bei B dreht, schließt den Abfluß nach dem Speisebassin. Ein gußeiserner Hebel ist an der Klappe befestigt und trägt ein Gegengewicht E, welches dem Wasserdruck das Gleichgewicht hält. Steigt das Wasser im Mühlengraben, so fließt es durch die kleine Rinne BC nach dem Kästchen F, und wie dasselbe sich mit Wasser anfüllt, so wirkt es dem Gegengewicht entgegen und hebt letzteres zugleich mit der Klappe auf, so daß der Ausfluß erfolgt. Hat sich der Wasserspiegel A wieder gesenkt, so hört der Wasserzufluß auf, das Kästchen entleert sich durch eine kleine Oeffnung am Boden und das Gewicht E schließt wieder die Klappe. Zu demselben Zwecke dient auch der Apparat Fig. 3. Der Abfluß aus dem Mühlgraben ist durch die Klappe BC geschlossen, die sich um die Achse B dreht. Der Wasserdruck allein würde diese Klappe sogleich öffnen, wenn nicht das Gewicht D sie mittelst einer Kette zurückhielte. Letzteres hängt jedoch in einem gußeisernen Cylinder, der im Mühlengraben steht und der in der Höhe des normalen Wasserspiegels ringsum mit Löchern versehen ist. Steigt nun das Wasser A, so tritt es durch die Löcher in den Cylinder, derselbe füllt sich an und macht das Gewicht leichter, wodurch die Klappe sich öffnet. Senkt sich aber der Wasserspiegel wieder, so hört der Zufluß in den Cylinder auf und derselbe entleert sich durch ein Röhrchen FE; das Gewicht wird wieder vollständig und die Klappe schließt sich.

§. 14.

Filtriren des Wassers.

Selten ist das Wasser, welches man durch eine Röhrenleitung einem einzelnen Gebäude oder einer Stadt zuführt, ganz rein, enthält vielmehr verschiedene Erdarten, die im Zustande einer sehr feinen Zertheilung darin schweben, ohne eine chemische Verbindung mit ihm einzugehen. Besonders in Bächen und Strömen ist dieß der Fall, weßhalb besondere Filtrirvorrichtungen nöthig sind. Um die verschiedenen Umstände zu würdigen, welche auf die Zusammensetzung des Wassers und die Wichtigkeit der Filtration Einfluß haben, mögen hier noch einige allgemeine Bemerkungen folgen, ehe wir zur Beschreibung der verschiedenen Filtrirapparate selbst übergehen.

Die Menschen bedienen sich zu ihrem Getränke, zur Bereitung der Speisen, zu den Bedürfnissen der Reinlichkeit und zu industriellen Zwecken des Cisternen-, Brunnen-, Quell- und Flußwassers. Diese 4 Gattungen Wasser haben eine einzige Quelle, den Regen. Das Regenwasser besitzt im Allgemeinen eine solche Reinheit, daß man zur Entdeckung fremdartiger Stoffe die empfindlichsten chemischen Reagenien nöthig hat. Cisternen mit auserwählten Materialien gut ausgeführt, wären somit das beste Mittel, sich ausgezeichnetes Trinkwasser zu verschaffen, wenn das Regenwasser direct hineingelangte und nicht Schmutz, Staub, Insekten, die sich in Zeiten der Trockenheit auf dem Erdreich oder den Dächern, welche das Regenwasser zu durchlaufen hat, anhäufen, mit sich führte.

Den Cisternen lassen sich die Brunnen anreihen, nur werden diese nicht von großen Kanälen von Mauerwerk oder Metall versorgt, sondern das Regenwasser gelangt gewissermaßen tropfenweise durch die in der Regel kapillären Spalten des Erdreichs in dieselben. Es ist selten, daß bei diesem langen und schwierigen Laufe die Wasserfäden keine löslichen Stoffe antreffen, welche sie in kleinerer oder größerer Menge aufnehmen, und man hat somit kein eigentliches Regenwasser mehr, welches man aus dem Brunnen schöpft; es ist wohl in der Regel klar und hell, aber enthält beinahe immer aufgelöste Stoffe, deren chemische Natur mit der geologischen Beschaffenheit des Bodens wechselt. Dasselbe gilt auch von dem Quellwasser. Dieses ist nichts anderes als Regenwasser, welches, nachdem es eine kleinere oder größere Dicke der Erdrinde durchlaufen, durch ein Röhrensystem oder, was dasselbe ist, durch den Druck nuunterbrochener und von hochgelegenen Orten kommender Wasserfäden wieder an die Erdoberfläche zurückgeführt wird. Natur und Verhältniß der fremdartigen Stoffe, mit denen das Quellwasser imprägnirt ist, hängen ebenfalls von der Länge des Weges, welchen es im Innern der Erde durchläuft, und von den Mineralien ab, die es antrifft. Haben diese Mineralien eine bestimmte Beschaffenheit, so hat das Land Mineralquellen.

Jeder Fluß führt dem Meere das Wasser einer Hauptquelle und das einer gewissen Anzahl Quellen von minderer Bedeutung zu, welche sich mit der ersten in ihrem Laufe vereinigen und einen Bach bilden. Dieser Hauptbach, noch verstärkt durch andere Seitenbäche, bildet alsdann einen Fluß. Bei jedem stärkeren Regen strömt das herabfallende Wasser theilweise auf der Oberfläche des Bodens über das Gras der Wälder und Hügel der Tiefe zu, nimmt dabei Pflanzenerde, Thon, Sand und sonstige Stoffe auf, die zuerst in die Bäche und durch diese in den Fluß gelangen. Das Flußwasser ist deßhalb nie ganz rein, sondern enthält, namentlich wenn der Fluß einen Theil der Unreinigkeiten einer Stadt aufnimmt und mit sich führt, eine große Menge unreiner Stoffe, die entweder chemisch mit dem Wasser verbunden sind oder als sehr feine Körper sich darin schwebend erhalten. Die Verhältnisse fremdartiger, während des Wachsens in dem Flußwasser enthaltener Stoffe, sind in den verschiedenen Flüssen nicht dieselben; in der Seine z. B. erhebt sich das Verhältniß bis auf $\frac{1}{2000}$; wer also an einem Tage 3 Litres nicht filtrirtes Seinewasser tränke, würde seinen Magen mit 1 ½ Grammen erdiger Stoffe beladen.

Hieraus geht nun hervor, daß es sehr selten ist, daß eine Röhrenleitung durch vollkommen reines Regenwasser gespeist werden kann. Nur das Quell- und Brunnenwasser hat gewöhnlich die erforderliche Reinheit, alles andere Wasser aber, insbesondere das Flußwasser, bedarf zuerst einer Läuterung oder Klärung durch Filtration.

Das erste und älteste Mittel, was man anwendete, um das Wasser zu filtriren, war einfach nur das Niederschlagen durch bloße Ruhe. Dieses hat aber bei Anwendung im Großen bedeutende Schwierigkeiten, indem zu lange Zeit erforderlich ist, bis das aus einem stark strömenden Strome geschöpfte Wasser die nöthige Klarheit annimmt und folglich große Reservoirs angelegt werden müssen, für die selten der erforderliche Raum vorhanden ist und die sowohl in der

Anlage als durch die häufigen Reinigungen viel Kosten veranlassen. Der Hauptübelstand dabei ist aber der, daß solche Reservoirs, wenn sie eine große Ausdehnung erhalten, nicht leicht den Sonnenstrahlen und dem Staube durch eine Verdachung entzogen, noch auch vor der Erwärmung geschützt werden können. Sie bilden also in diesem Falle große stehende Wasserflächen, die besonders nachtheilig für das Wasser angesehen werden müssen, indem dasselbe sich hierin erwärmt und den unangenehmen und faulen Geschmack annimmt. Aus diesem Grunde darf man sich von der Klärung des Wassers durch bloße Ruhe nicht zu viel versprechen und sie nur dann in Anwendung bringen, wenn die Reservoirs klein und mit einer Ueberdachung versehen sein können.

Das Mittel, welches man anwendet, um die Klärung in kurzer Zeit zu bewirken, also die fremdartigen Theile, die im Wasser noch schweben, zu entfernen, sind die Filtrirapparate.

Wenn dieselben im Kleinen ausgeführt werden, so sind sie oft nicht nur mit Sand und Kies, sondern auch mit Schwämmen, porösen Steinen, z. B. Kalk oder Bimssteinen, Kohlen und andern Stoffen gefüllt und auch sonst ziemlich künstlich eingerichtet; die großen Filtrirapparate dagegen, die mit Wasserleitungen in Verbindung stehen, sind weit einfacher angeordnet, und bestehen entweder nur aus unterirdischen Gallerien, die mit Steinen und Kies umgeben sind und folglich das reine Wasser aufnehmen, oder bilden große wasserdichte Bassins, in welchen eine Kies- oder Sandschüttung ruht, durch die das Wasser durchdringen muß. Der größte Uebelstand bei solchen Bassins ist der, daß die erdigen Stoffe, welche das Wasser enthält, nach und nach die Zwischenräume zwischen den Sandkörnchen anfüllen und dadurch dem Filter die Eigenschaft entziehen, das Wasser durchzulassen. Auf solche Art werden die Filtrirapparate immer unwirksamer, wenn sie nicht von Zeit zu Zeit gereinigt werden. Da dieses Reinigen mit großen Kosten verknüpft ist, so hat man auch versucht, eine Vorrichtung zum Selbstreinigen des Filters anzubringen, oder eine Strömung in entgegengesetzter Richtung zu bewirken.

Zur Erklärung dieser verschiedenen Apparate geben wir die Beschreibung ausgeführter Filtrireinrichtungen wie folgt:

a. Filtrirapparat zur Reinigung des Wassers für die Spring- und Röhrenbrunnen in Udine.

Die Röhrenbrunnen der Stadt Udine werden von einem Kanale, genannt della Roja, gespeist, welcher sein Wasser vom Wildbach Torre erhält, das aber zur Regenzeit durch die dahin sich ergießenden Zuflüsse zu sehr trübe ist, als daß es in die Brunnenleitung eingeführt werden könnte, weßhalb die frühere Reinigung nothwendig wird.

Von dem Hauptkanal della Roja geht ein kleiner Seitenkanal aus, welcher der Quere nach von einem Eisengitter a, Fig. 5—8, Taf. IV. durchschnitten wird, um Holz und andere schwimmende Körper zurückzuhalten. Dieser Seitenkanal steht in unmittelbarer Verbindung mit dem Filtrirapparat, welcher in zwei Theile zerfällt. In dem ersteren Theil läßt das Wasser die gröberen Unreinigkeiten fallen,

indem man es in den Zustand möglichster Ruhe bringt; in dem zweiten Theile passirt es mehrere Sandmassen, um in diesen die noch übrigen leichtern und flüssigen Unreinigkeiten zurückzulassen.

Das Wasser wird nämlich genöthigt, von der Einmündungsöffnung b abwärts zu gehen und sich durch die Oeffnung c zum Theile wieder zu erheben, von wo es dann durch die folgenden Oeffnungen d, e und f die drei Zellen g, h, i passirt; endlich muß es sich wieder bis zur Oeffnung k erheben, um in den zweiten Theil des Apparats zu kommen. Der erste Eingang des Wassers und sein Eintreten in die Zelle g hat den Zweck, das Wellenbilden der in letzterer befindlichen Wassermasse zu verhindern. Die Leitung des Wassers durch den mehrfach geschlängelten Weg dient dazu, die Bewegung desselben längere Zeit zu hemmen, um es in ruhigen Zustand zu bringen; damit es Zeit habe die Unreinigkeiten möglichst abzusetzen, wurde die mittlere Zelle h von doppelter Breite angelegt. Nachdem nun das Wasser den ersten Theil des Apparats verlassen, tritt es durch die oben am Wasserspiegel befindlichen Oeffnungen k in den zweiten Theil des Filters ein und gelangt zuerst in die Zelle l, von wo es sich durch die Oeffnungen bei q in die anstoßende Zelle m wieder erhebt und diesen Weg durch die folgenden Zellen n und o fortsetzt, bis es in die letzte p gelangt, an deren Boden die Einmündung der Röhrenleitung sich befindet. Zum Durchgang aus einer Zelle in die andere dienen die vielen, abwechselnd einmal oben, einmal unten angebrachten, sehr schmalen Oeffnungen q. In der ersten Zelle l wird der Sand mit einer Böschung von 45° aufgeschüttet, um dem Wasser eine größere Oberfläche zur Ablagerung darzubieten. In der zweiten, dritten und vierten Zelle befindet sich dann eine bedeutend größere Masse Sand. Die letzte Zelle p bleibt vom Sande frei, um das gereinigte Wasser aufzunehmen. Es versteht sich von selbst, daß man zu diesem Zwecke reinen, scharfen und nicht groben Sand zu wählen hat, sowie man auch schon in der ersten Zelle l blos feinen Sand verwendet.

Da das Wasser manchmal auch fettige Theile aufgelöst enthält, welche sich durch diese mechanische Reinigung nicht entfernen lassen, sondern eine chemische erfordern, welche darin besteht, daß man es durch Kohlen passiren läßt, die diese Theile absorbirt, so wird in der Zelle n obenauf eine Schicht Kohle gelegt. Dieselbe muß in der Zelle n liegen, weil hier das mechanisch schon gereinigte Wasser abwärts zieht, und die fettigen Theile besser zurückbleiben; die Kohlen müssen ferner deßhalb oben liegen, weil sie sich schon nach einigen Monaten sättigen und daher durch neue ersetzt werden müssen. Der Sand ist mehrere Jahre brauchbar. Vor der letzten Zelle p passirt das gereinigte Wasser endlich die in geringer Höhe unter dem Boden befindliche Einmündung der Röhrenleitung, welche durch einen Doppelweg-Hahn, Fig. 9, geschlossen werden kann.

Der ganze Filter ist durch die Mauer r in zwei Theile getheilt, damit bei vorkommenden Reparaturen, Reinigung, Wechslung des Sandes rc. keine Störungen in der Röhrenleitung eintreten.

b. Filtrirapparat bei Couchin ohnfern Cherbourg.

Dieser Filter wurde erbaut, um das Wasser der Divette, bevor es in die Stadt Cherbourg geleitet wird, zu reinigen. Fig. 10 zeigt den Querschnitt durch die Mitte des Gebäudes und Fig. 10a einen horizontalen Durchschnitt in der Höhe der Sohle des Zuleitungskanals. AB ist der Zuleitungskanal; er führt das zu reinigende Wasser nach dem Filter C, und wenn es dieses passirt hat, so verbreitet es sich in die beiden Bassins D und E. Letztere stehen durch die überwölbte Oeffnung F unter dem erwähnten Kanal mit einander in Verbindung und speisen die Röhrenleitung G. In dem Querschnitt sind die verschiedenen Wasserstände so gezeichnet, wie sie bei hohem Wasserstande sich bilden, und in diesem Falle geht die Strömung des zu filtrirenden Wassers von unten nach oben. Das Filter befindet sich in einem am Becken und an den Seiten ausgemauerten Bassin. Auf sieben Unterlagen, die der Länge nach durchreichen, liegen die Roststäbe, welche den groben Kies tragen, auf letzteren ist feinerer Kies und obenauf Sand geschüttet. Mit dem hohlen Raume unter dem Filter communicirt eine gußeiserne Röhre J, die am Boden des Zuleitungskanals dicht vor dessen Ausmündung abgeht, demnächst aber auch zwei kurze Röhren H, die zu den Bassins D und E führen. In den obern Theil des Filters, oder über dem Sandbette mündet unmittelbar der Zuleitungskanal, demnächst die beiden kurzen Röhren K, welche die Verbindung mit den beiden Bassins D und E herstellen, und endlich die Röhre L, welche den Anfang der Röhrenleitung G bildet. Wenn das Filter von unten gespeist wird, wie die Figur zeigt, so ist das Schütz B an der Ausmündung des Zuleitungskanals geschlossen und die Röhre J geöffnet, wodurch das trübe Wasser unter den Rost tritt. Indem nun die beiden Röhren H geschlossen sind, so muß das Wasser von unten nach oben durchbringen; es fließt hier durch die Röhren K nach den beiden Reservoirs D und E, oder unmittelbar durch die Röhre L nach der Leitung ab. Im entgegengesetzten Falle, wenn der Wasserstand im Zuleitungskanale niedriger wird, so muß das Filter von oben gespeist werden, weil man sonst nicht den nöthigen Druck, um das Wasser hindurch zu treiben, herstellen könnte. Die Röhre J wird geschlossen und dagegen das Schütz B geöffnet. Ferner schließt man die Oeffnungen K und die Mündung der Röhre L. Sobald das Wasser unter dem Roste anlangt, fließt es durch die Oeffnungen H in die Reservoirs D und E und aus diesen gelangt das Wasser durch die beiden Mündungen M nach der Röhrenleitung G. Die letzterwähnten beiden Mündungen führen auch aus den Reservoirs das Wasser ab, falls das Filter bei der Umkehrung der Strömung trübes Wasser liefert, oder falls das Filter wegen Reparaturen außer Thätigkeit gesetzt wird.

c. Natürliches Filter bei der Wasserleitung zu Toulouse.

Wenn man eine Wasserleitung durch Flußwasser speist und dieses reinigen will, so kann man auch die natürlichen Sand- oder Kiesablagerungen, welche bei Flüssen mit unbefestigten Ufern gewöhnlich neben dem Bette liegen, als Filter benutzen. Es genügt hierbei, neben dem Flusse in einiger Entfernung lange Gruben auszuheben, die bis unter das Grundwasser reichen, dieselben mit Mauerwerk ein-

zufassen und zu überdecken, damit keine Unreinigkeiten von außen hereinkommen können.

Bei der Wasserleitung zu Toulouse legte man solche Filter an, wie die Fig. 11 im Grundriß und Fig. 12 im Querschnitte ersichtlich ist.

Dicht oberhalb des Pumpwerks befindet sich am linken Ufer der Garonne neben der Straße Dillon eine ausgedehnte Kiesbank, welche zur Darstellung der Filter benutzt ist. An der Stelle, wo das Filter I später angelegt wurde, hatte man versuchsweise eine Grube ausgehoben und die Wassermenge gemessen, welche dieselbe lieferte, man erwartete darnach, daß ein oben offenes Filter von 105′ Länge, 73′ Breite und das bis 3 1/4 Fuß unter den niedrigsten Wasserstand der Garonne herabreichte, die verlangten 200 Wasserzolle geben würde. Eine gußeiserne Röhrenleitung führte das angesammelte Wasser vom Punkte A bei B und D vorbei nach dem Pumpwerk C. Als man zu pumpen anfing, zeigte es sich aber, daß das Resultat sehr bedeutend unter dem erwarteten blieb, man hatte durchschnittlich kaum 60 Wasserzolle, aber das Wasser war rein und schön, selbst wenn die Garonne trübe war. Um die Zuflüsse zu vermehren, gab man darauf dem Filter eine Länge von 344′, allein auch dieß reichte nur für 30 Wasserzolle, weil der neuangebaute Boden nicht mehr so wasserreich war wie früher vor Anlage des Filters. Auch zeigte sich der weitere Uebelstand, daß in dem offenen Bassin ein starker Pflanzenwuchs entstand und im Sommer sich Frösche und andere Thiere in großer Zahl einfanden, die dem Wasser einen unangenehmen Beischmack gaben. Eine Aenderung der ganzen Einrichtung war dringend nöthig, das Filter mußte geschlossen werden. Auf d'Aubuisson's Rath wurde dasselbe so gut wie möglich gereinigt und am Boden ein überwölbter Gang in gebrannten Steinen, jedoch mit offenen Fugen, ausgeführt, worin das Wasser sich ansammeln konnte. Zur Seite desselben und darüber brachte man eine Schüttung von großen Steinen an, die beinahe die ganze Höhe der Ausgrabung füllte; alsdann folgte eine Schicht kleinerer Steine, dann Kies und zuletzt Sand. Bei A führte eine Treppe herab zur Beobachtung des Filters. Die Resultate dieser Abänderung waren höchst befriedigend, das Wasser war klar und immer frisch. Um nun die fehlenden 100 Wasserzolle noch zu erhalten, wurde ein zweiter Filter und zuletzt noch ein dritter angelegt. Das Filter II bekam eine andere Einrichtung, indem man statt einer Gallerie eine Reihe von Brunnen versenkte, diese durch gußeiserne Röhren mit einander vereinigte und oben mit gußeisernen Platten bedeckte, worauf eine Kiesschüttung kam. Während das Filter I 15 Ruthen vom Strome entfernt ist, legte man das Filter II nur 3 Ruthen vom Flusse. Das Resultat dieser Einrichtung war kein günstiges, man gewann nur etwa 60 Wasserzolle und das Wasser hatte einen moderigen Geschmack, indem die Brunnen zum Theil in einen schlammigen Boden versenkt waren. Auch zeigte das Wasser immer die Temperatur des Flusses. Man entschloß sich deßhalb zur Anlage des Filters III. Von F bis G auf 66 Ruthen Länge, 8 bis 13 Ruthen vom Strome entfernt, machte man eine gedeckte Gallerie, Fig. 12. Dieselbe hat 4′ 9″ Höhe und 1′ 11″ Weite; die Seitenmauern bestehen aus Ziegeln, die ohne Mörtel übereinander gelegt sind, und Steinplatten bedecken die Gallerien oben. Der Raum zur Seite ist mit gereinigten

großen Steinen ausgefüllt; darüber ist 2′ hoch grober Kies geschüttet und das Ganze bis zur ursprünglichen Höhe mit Sand bedeckt. Das Wasser dieses dritten Filters kann bei B mit dem des ersten vereinigt werden, es kann aber auch bei K vorbei besonders zum Pumpwerk gelangen. Später machte man noch die vortheilhafte Abänderung, daß man unter der letzten Zuleitung in einem überwölbten Kanale das Wasser des zweiten Filters von D nach L in das Unterwasser des Betriebsgrabens führte. Hierdurch wird es möglich, die Filter I und II trocken zu legen. Dieses dritte Filter lieferte allein 160 Zolle und bewährte sich im Ganzen sehr gut.

d. Filter in Pasley nach dem System von Ing. Thom.

Die Fig. 16, Taf. IV., gibt einen Querschnitt dieses Filters. Dasselbe ist 100′ lang und 60′ breit, und besteht aus 3 Abtheilungen, welche sowohl zusammen als auch getrennt für sich arbeiten können, so daß wenn eine Abtheilung gereinigt wird, die beiden andern deßhalb ihre Thätigkeit nicht unterbrechen müssen.

Das Filter liegt im ebenen Boden, welcher 6 bis 8′ ausgegraben und ringsum mit Mauerwerk eingefaßt ist. Der Boden ist durch ein Pflaster vor dem Einbringen des Wassers geschützt und wird durch Ziegel in Rinnen von 1′ Breite und 5″ Tiefe getheilt. Die Ziegel sind durchbohrt, damit das Wasser den obern Boden, beziehungsweise die Decke der Rinnen gleichmäßig überströmt. Das eigentliche Filter besteht nur aus 6 verschiedenen Lagen Kies, welche nach aufwärts an Feinheit zunehmen; darüber liegt eine 2′ hohe Schicht Sand und zuletzt folgt eine Lage animalischer Kohle.

Das Wasser erhält das Filter aus Sammelbassins durch eine steinerne Röhre H und eiserne Röhren R und S, welch letztere die erstere mit dem Filter verbinden. Bei S sind 2 Ventile oder Hahnen, durch welche das Wasser sowohl unter als über das Filter eingelassen werden kann. N ist eine Röhre zwischen dem Filter und Reservoir des filtrirenden Wassers, welche diese beiden in Verbindung setzt. Durch einen Hahnen läßt sich die Oeffnung der Röhre in den Filter schließen. Die Wirkung des Filters ist folgende: Das Ventil S wird geöffnet und das Wasser strömt auf das Filter, durchsickert dasselbe, gelangt in die Rinnen und von diesen durch die Röhre N in das Reservoir. Soll das Filter gereinigt werden, so läßt man das Wasser durch die Röhre S von unten einströmen.

e. Filter nach dem System von Fonvielle zur Reinigung des Seinewassers in Paris.

Die Fig. 13 zeigt den Vertikaldurchschnitt dieses Filters. ABCD ist eine leicht konische Bütte von Holz, in 3 gleiche Fächer R, S, T getheilt, welche die filtrirenden Massen enthalten und von den Platten a, b, c, d, e, f getragen und comprimirt werden. Man kann eine, auch zwei oder mehrere solcher Bütten neben einander stehend annehmen, je nach Bedarf. EF ist die vertikale Röhre, welche dem Filter das Wasser von oben nach unten aus dem über der Bütte liegenden Reservoir zuführt; GH ist eine andere Röhre, welche das filtrirte Wasser in eine gußeiserne horizontal in dem Boden liegende Leitungsröhre bringt. In diese beiden

Röhren sind 8 Hahnen eingefügt, die mit den Zahlen von 1 bis 8 bezeichnet sind. Auf dem Boden der Bütte M liegt die erste durchlöcherte Platte f, die in ihrem Umfange eine Rinne hat, welche mit einem Hanftau ausgefüllt ist, um das Durchdringen des Wassers zu verhüten; auf dieser Platte ruht eine Lage vegetabilischer Kohle T von etwa 10 Cent. Dicke; nun folgt die durchlöcherte Platte e und der zweite blinde Boden d, der mit grobem Flußsande S bedeckt ist; demnächst folgt die Compressionsplatte c und der blinde Boden b, und über diesem liegen die gut ausgewaschenen Schwämme R, welche von der Platte a bedeckt sind. Der Deckel N schließt die Bütte. Soll der Apparat arbeiten, so schließt man alle Hähne, mit Ausnahme von 4 und 7, und öffnet den Hahn, der mit der großen Röhre communicirt, welche das aus dem oberen Reservoir kommende trübe Wasser verschließt. Das Wasser durchdringt die Schwämme R, treibt die eingeschlossene Luft aus und fließt durch den Hahn 7 ab; man schließt nun den Hahn 7 und öffnet den Hahn 5, das Wasser durchdringt alle filtirenden Massen und fließt durch den Hahn 5 rein ab. Will man die Strömung von unten nach oben gehen lassen, so öffnet man nur die Hähne 1 und 8. Ein Haupterforderniß bei diesem Filter ist eine große Druckhöhe.

Eine andere ähnliche Vorrichtung zur Filtrirung des Themsewassers hat die Construction, wovon Fig. 14 den Durchschnitt und Fig. 15 die äußere Ansicht darstellen. In letzterer Figur sind x, x Thüren für die Einführung des Sandes. Durch die Röhre A, Fig. 14, gelangt das trübe Wasser in den Apparat, durch die Röhre C fließt es rein ab. Die Pfeile deuten die Richtung des Wasserstroms an; derselbe theilt sich in zwei einzelne Stränge, von denen der eine durch die Filterlagen D mit grobem Sande und E mit feinem Sande, und der andere durch die Lagen F mit grobem Sande und G mit feinem Sande geht; in der mittlern Kammer B_3 treffen beide Ströme zusammen und fließen durch den Hahn H_3 und die Röhre C filtrirt ab. B^1 B^2 B^3 sind Wasserkammern, welche durch die Hähne H_1 bis H_{10} mit den Röhren A und C communiciren. Mit Hülfe dieser Hähne läßt sich die Richtung des Wasserstromes nach Willkür ändern. Der filtrirende Sand wird von den Behältern R, R gehalten, welche geschlossen sind und deren obere und untere Flächen kleine Löcher haben; im Innern sind sie fest mit grobem Sande ausgefüllt und halten somit den feinen Sand in den Behältern E und G beisammen.

§. 15.

Leitungsröhren.

Nachdem das Wasser angesammelt und nöthigenfalls filtrirt ist, so läßt man es in die Leitungsröhren treten, die es nach seinem Bestimmungsorte führen. Diese Röhren bestehen entweder aus Holz, gebranntem Thon, Blei oder Gußeisen, je nach dem Zwecke und der Ausdehnung der Leitung, sowie den Preisen der Materialien. Röhren von Holz und gebranntem Thone werden in der Regel nur bei kleineren Leitungen in Ausführung gebracht, während die gußeisernen Röhren ausschließlich bei allen Leitungen von einiger Bedeutung Anwendung finden,

nicht allein, weil die einzelnen Röhrentheile eine leichte Verbindung gestatten, sondern bei mäßigem Preise auch am dauerhaftesten sind. Bleiröhren sind zu kostspielig, als daß sie für ganze Leitungen Anwendung finden könnten, man benützt sie nur zu kleinern Abzweigungs- oder Verbindungssträngen.

In jedem Falle müssen die Röhrenstücke einer Leitung so fest sein, daß sie dem größten Wasserdrucke widerstehen, dem sie ausgesetzt sein können, und ist es erforderlich, daß sie gehörig wasserdicht schließend mit einander verbunden werden. Dabei kommt es auch darauf an, daß der ganze Röhrenstrang in allen Punkten die nöthige Weite hat, die innere Röhrenfläche möglichst glatt ist und Verengungen des Querschnittes durch etwaige Sandablagerungen und eingeschlossene Luftmengen vermieden werden.

Diesen Anforderungen genügt nur eine Leitung, bei welcher die einzelnen Röhren an und für sich ihre richtigen Dimensionen haben, dabei fehlerfrei sind und auf den nöthigen Wasserdruck probirt wurden; bei welcher ferner die Röhrenverbindungen solid und wasserdicht und an passenden Stellen der Leitung sowohl *Luftröhren* oder *Luftspunde* zur Entfernung eingeschlossener Luftmengen, als auch *Wechselhäuschen* oder *Schlammkasten* zur Beseitigung der Ablagerungen von Sand und anderen Stoffen angebracht sind. Bei Leitungen, die abwechselnd steigen und fallen, werden sich die eingeschlossenen Luftmassen stets auf den höchsten Punkten ansammeln, während die erdigen Stoffe in den tiefsten Stellen der Leitung liegen bleiben, hiernach ergeben sich von selbst die für die Luftspunde und Schlammkasten geeignetsten Punkte.

Was im Allgemeinen das *Längenprofil* einer Leitung betrifft, so ist stets darauf zu achten, daß dieselbe in keinem Punkte die horizontale Linie erreiche, die durch den Wasserspiegel des Speisebassins geht, und daß die Ausmündung jedenfalls niedriger liege, als diese Horizontale, indem sonst wegen Mangel an Gefälle oder Wasserdruck kein Ausfluß erfolgen könnte. Es müssen sonach bei längeren Leitungen, die abwechselnd steigen und fallen, die aufeinander folgenden Kulminationspunkte unter derjenigen geneigten Linie bleiben, welche das nöthige Gefälle bezeichnet. Zu starke Senkungen zwischen je 2 Scheitelpunkten werden aber auch nicht zweckmäßig sein, indem durch den Wasserdruck, wie er sich hier äußert, ein starkes Durchsickern der Fugen einzutreten pflegt und namentlich hölzerne und aus Thon gebrannte Röhren an den Verbindungsstellen leicht Noth leiden. Hiernach begründet sich die Regel: *einen Röhrenstrang möglichst gleichförmig mit dem Gefälle, welches der beabsichtigten Geschwindigkeit entspricht*, zu verlegen.

a. Hölzerne Leitungsröhren.

Zu solchen läßt sich fast jede Holzart benutzen, die gerade am wohlfeilsten zu erhalten ist; Kiefern- und Lerchenholz eignet sich übrigens deßhalb am besten, weil die einzelnen Stämme eine große Länge der Röhren gestatten und das Wasser am wenigsten einen Beigeschmack annimmt, wie dieß bei dem Eichenholz der Fall ist. Die Länge der einzelnen Röhrenstücke beträgt gewöhnlich 3·6 bis 5·4 Meter; über dieses Maß hinaus kann man nicht leicht gehen, indem sonst das Bohren zu

schwierig wird. Die Wandstärke der Röhre hängt von der Festigkeit des Holzes und dem Wasserdrucke ab, darf aber in keinem Falle zu geringe angenommen werden, weil das Holz während des Gebrauchs der Röhre leidet; man macht sie gewöhnlich gleich dem Durchmesser des Bohrloches.

Zur Zusammensetzung der hölzernen Röhren wendet man am häufigsten die durch Fig. 5, Taf. III., im Durchschnitte dargestellte Verbindungsart an. Die Höhe der konischen Zuschärfung ist $1\frac{1}{2}$ bis 2 Mal so groß, als der äußere Durchmesser der Röhre. Zur Verdichtung wendet man entweder einen Oelkitt oder getheerten Hanf an. Dieselbe Verbindung wendet man auch, wie Fig. 6 zeigt, bei Seitenabzweigungen an.

Eine andere Verbindungsart ist durch die Fig. 4 gegeben. Die Röhren sind stumpf abgeschnitten und erhalten an einem Ende einen Zapfen, an dem andern ein Zapfenloch; die Verdichtung erfolgt ebenfalls durch Umwicklung des Zapfens mit getheertem Hanf oder getheerter Leinwand. Die Länge des Zapfens genügt mit 0·12 bis 0·15 Meter.

Endlich hat man auch noch eine dritte Verbindungsart, wobei man die Röhren stumpf abschneidet und zwischen je 2 derselben eine eiserne, auf beiden Seiten zugeschärfte Büchse hineintreibt. Obwohl diese Construction etwas kostspielig ausfällt, so empfiehlt sie sich doch durch ihre Solidität und Dauer. Was überhaupt die Dauer der hölzernen Röhren betrifft, so ist diese nicht so groß, wie man nach dem Umstande, daß sie nie trocken werden, schließen sollte. Namentlich leiden sie sehr durch den Schwamm und werden außerdem durch das stark strömende Wasser im Innern angegriffen. Im Mittel dürfte die Dauer auf 10 bis 12 Jahre angenommen werden, obwohl die hölzernen Röhren, welche früher das Wasser des New-River in London vertheilten, 20 Jahre dauerten. Beim Verlegen der Röhren kommt es vor Allem darauf an, diejenige Tiefe zu wählen, wo der Frost und die Hitze nicht mehr stark eindringen; im Allgemeinen wählt man wohl eine Tiefe von 1 bis 1·5 Meter, doch gibt es auch Fälle, wo sie gar nicht vom Boden bedeckt sind, z. B. wenn sie Salzwasser führen oder direct von einer Quelle ausgehen. Eine weitere Rücksicht, die man beim Legen der Röhren zu nehmen hat, bezieht sich auf die Beschaffenheit und Tragfähigkeit des Bodens. Man hebt gewöhnlich in der Richtung des Röhrenstrangs einen engen Graben aus, und zwar in solcher Tiefe, daß seine Sohle zugleich das Bett für die Röhren bildet; sind einige Röhren gelegt, so füllt man den Graben wieder mit der früher ausgehobenen Erde aus, sofern sie dazu geeignet ist und keine animalischen und vegetabilischen Stoffe enthält, welche die Bildung des Schwamms verursachen. Sand, Thon oder Lehm eignen sich am besten und zeigen auch die nöthige Tragfähigkeit bei der Tiefe von 1 Meter.

Luftspunden dürfen auch bei hölzernen Leitungen nicht fehlen und dienen zugleich zur Reinigung der Röhren, sowie zur leichtern Auffindung schadhafter Stellen. Wo es geschehen kann, bringt man vertikale Luftröhren an und führt sie bis über das Niveau des Speisebassins. Gewöhnlich bohrt man nur Löcher etwa alle 30 Meter und schlägt diese durch hölzerne Pfropfen zu; dieses Zuschlagen erfolgt der Reihe nach jedesmal wenn das Wasser in der Röhre erscheint und

durch das Bohrloch herausquillt. Zum Reinigen der Röhren eignen sich indeß länglichte rechteckige Schlitze von etwa 0·9 Mtr. Länge besser; man schließt dieselben durch gut passende, etwas keilförmig bearbeitete Klötze.

b. Thönerne Röhren.

Die aus Thon gebrannten Röhren sind gewöhnlich innen glasirt und zeigen daher viel Dauerhaftigkeit, sie kosten wenig und geben dem Wasser keinen Beigeschmack. Diese Vortheile haben den Thon-Röhren schon vielfach Eingang verschafft, allein die Erfahrungen, welche namentlich in England gemacht wurden, zeigten auch viele Mängel, als: große Zerbrechlichkeit, geringe Stärke, bedeutende Schwierigkeiten im Verlegen, zu geringe Nachgiebigkeit bei Temperatur-Veränderungen. Um solchen Röhren eine große Festigkeit und Dauer zu geben, pflegt man sie zuweilen förmlich einzumauern oder wenigstens auf ein gemauertes Bett zu legen; hierdurch vermehrt man aber die Kosten so sehr, daß der Vorzug der Wohlfeilheit im Vergleich zu eisernen Röhren ganz wegfällt.

Statt den thönernen, innen glasirten Röhren machte man solche aus einer porzellanähnlichen Masse, und diese bewährten sich insofern sehr gut, als sie sehr fest sind und einen bedeutenden Wasserdruck aushalten. Man gibt ihnen gewöhnlich zur Wanddicke den vierten Theil der lichten Weite. Beim Verlegen muß man ebenfalls sehr vorsichtig sein und wo möglich ein gemauertes Fundament anwenden. Die Verbindung der einzelnen Röhrenstücke geschieht, wie auch bei den thönernen Röhren, durch Muffen, wobei also jede Röhre in das erweiterte Ende (Muffe) der nächsten eingreift und die Fuge mit Cement oder Kitt gedichtet wird.

c. Gußeiserne Röhren.

In der neuesten Zeit sind die gegossenen Röhren fast ausschließlich in Anwendung. Sie unterscheiden sich von allen andern Röhren insbesondere durch ihre Dauerhaftigkeit, große Festigkeit und Wasserdichtigkeit. Man hat in England Röhren, die 100 Jahre hindurch das Wasser geleitet haben, ohne Spuren von einer Abnutzung zu zeigen, und bei einem Wasserdrucke von 30 Mtr., der nur selten vorkommt, bedürfen dieselben nur diejenige Wandstärke, die eben zur Darstellung eines gleichmäßigen Gusses erforderlich ist.

Ein wesentlicher Vortheil der gußeisernen Röhren muß auch darin erkannt werden, daß sie eine solide Vereinigung unter sich, sowie mit Zweigröhren gestatten, sodann Luftspunde und Schlammkasten mit Leichtigkeit und Solidität angebracht werden können. Besorgnisse wegen des Zerspringens der Röhren durch heftige Erschütterungen und bei Temperaturwechsel schwinden bei den gegossenen Röhren ganz.

Um die Wandstärke zu beurtheilen, die man in neuester Zeit den Wasserleitungsröhren gibt, bemerken wir, daß d'Aubuisson bei der Leitung zu Toulouse die geringste Wandstärke auf 10 Millimeter feststellte und im Allgemeinen der Regel folgte: Wandstärke $= 0{,}01 + 0{,}015\ d$ für Metermaß.

Die Wasserleitungsröhren pflegt man gerade so wie sie aus dem Gusse kommen zu verwenden; ehe sie aber verlegt werden, sind sie einer Probe auszusetzen

und gehörig zu besichtigen; finden sich Röhren, welche Risse, Blasen und überhaupt einen unreinen Guß zeigen, oder die an dem einen oder dem andern Ende eine sehr ungleiche Wandstärke zu erkennen geben, oder an welchen man nicht einen kreisförmigen Querschnitt bemerkt, oder welche bei der Probe mit der hydraulischen Presse (Fig. 19, Taf. III.) entweder springen oder das Wasser in feinen Strahlen oder auch nur durch merkliches Ausschwitzen entweichen lassen, so sind diese bei der Abnahme in der Gießerei auszuschießen.

Die Zusammensetzung der gußeisernen Röhren kann in verschiedener Weise bewerkstelligt werden. Die in früheren Jahren übliche Methode war die, daß man jedem Röhrenstück an den beiden Enden einen Rand (Flantsche) gab, in diesen 4 Löcher machte, zwischen je 2 Rändern eine Leder-, Blei- oder Guttaperchascheibe legte und 4 Bolzen einzog. Fig. 9 und 10. Diese Verbindungsart war wegen der vielen Schraubenbolzen sehr kostspielig und hatte bei sehr langen Röhrensträngen den Nachtheil der zu geringen Biegsamkeit. Man ging daher in neuerer Zeit von dieser Verbindungsweise ab und wählte die durch Fig. 7 angedeutete. Der freie Zwischenraum zwischen Muffe und Röhrenhals wird zur Hälfte mit aufgelockertem Tauwerk ausgefüllt, zur andern Hälfte mit Blei ausgegossen. Zuweilen wendet man auch einen Eisenkitt an.

In England hat man auch bei solchen Röhren mit Muffen statt des kostspieligen Bleies hölzerne Keile zur Dichtung angewendet, und es hat sich diese Methode bei mehreren Leitungen vollständig bewährt. Es zeigte sich nämlich, daß die Dauer der Keile über 40 bis 50 Jahre beträgt und dieselben bei einem Wasserdrucke von etwa 200 Mtr. noch nicht herausgesprengt werden.

Auch das Verhältniß der Kosten der 3 Verbindungsarten, nämlich mit Blei, mit Eisenkitt und mit Holzkeilen, stellte sich wie 3 : 2 : 1 heraus. Das Verfahren bei Anfertigung und Einbringung der Keile ist folgendes: Man schneidet Kiefernstämme in 9 Zoll lange Klötze und spaltet sie mit der Art in Stücke von 2" Breite und 3/4" Stärke; sie werden auf der Schneidebank mit einem Schneidemesser so geformt, wie Fig. 11 a zeigt. Nun sägt man sie in der Mitte auseinander und so gibt jedes Stück 2 Keile. Die Keile stellt man im Kreise in die zu schließende Fuge und schlägt sie mit Unterlegung eines passenden Stück Holzes fest ein. Sollte eine Fuge nicht ganz wasserdicht sein, so treibt man noch kleine Keilchen ein, wie Fig. 11 zeigt.

Bei Reparaturen ist es nöthig, daß man einzelne Röhren aus dem ganzen Strange herausnehmen kann; da dieß bei der gewöhnlichen Zusammensetzung mit der Muffe nicht geht, so pflegt man in gewissen Abständen die Verbindung mit der übergeschobenen Hülse Fig. 8 anzubringen.

Gehen von der Hauptröhrenleitung viele Zweige aus, wie dieß in einer Stadt vorkommt, Fig. 23, so sind die Verbindungen der letzteren mit der ersteren sehr leicht zu machen, indem nur an einzelne Röhren kurze Ansatzstücke unter dem richtigen Winkel angegossen werden. Die Verbindung kleinerer Zweigröhren mit gußeisernen geschieht gewöhnlich in der Art, daß man der Bleiröhre am Ende einen Rand gibt, sodann einen starken Ring aufzieht und diesen gegen den Rand der gegossenen Röhre mittelst Schrauben andrückt.

Unter den Nebentheilen einer eisernen Röhrenleitung müssen zunächst die Hähne erwähnt werden. Sie haben die Construction Fig. 18.

Diese Hähne lassen sich nur bei engeren Röhren anwenden, indem die Reibung in ihnen sonst zu bedeutend wird; bei Röhren, die über 0·14 Mtr. lichten Durchmesser haben, werden schon statt der Hähne sogenannte Schiebeventile angewendet, deren Construction aus den Fig. 17 a, b, c, d, e, f, g und h hervorgeht.

Zuweilen ist es nothwendig, das Zurückfließen des Wassers durch besondere Vorrichtungen zu verhindern; so z. B. wäre dieß der Fall, wenn man abwechselnd aus demselben Reservoir 2 Leitungen speisen wollte, von denen die eine viel höher liegt, als die andere, und jene daher in diese sich entleeren würde. Man bringt alsdann das Ventil Fig. 15 an.

Laufen mehrere Röhren in einen Punkt zusammen, oder ist dieß auch nicht der Fall und liegt dieser Punkt in einer tiefen Stelle der Leitung, wo sich gerne Schlamm absetzt, so bringt man einen Schlammkasten an, wie Fig. 14. Derselbe liegt in einem gemauerten Raume und kann jederzeit leicht gereinigt werden, sobald man nur vorher den Zufluß abschließt.

An den höchsten Punkten der Leitung sind Luftspunde anzubringen. Am häufigsten stellt man solche dar, indem man kurze, aufwärts gerichtete Zweigröhren von Gußeisen anbringt, deren oberes Ende durch einen Hahn geschlossen ist. Beim Anlassen der Röhren und auch sonst zuweilen öffnet man den Hahn und schließt ihn, sobald Wasser ausströmt. Zuweilen hat man auch die Construction Fig. 13 gewählt oder hat Ventile mit Schwimmern angebracht, die so eingerichtet sind, daß sie sich nach Bedürfniß von selbst öffnen und schließen. Fig. 12 zeigt ein solches.

Besondere Erwähnung verdient endlich noch die Art, wie man die Mündung einer Röhrenleitung öffnet oder schließt; es können hierbei Kegel- oder Klappen-Ventile gebraucht werden, die sich mittelst irgend einer einfachen Vorrichtung von oben aus bewegen lassen.

Was das Verlegen der gußeisernen Röhren betrifft, so pflegt man sie gewöhnlich in den natürlichen Erdboden, etwa 1 bis 1,5 Mtr. tief, zu legen und mit dem beim Aufgraben gewonnenen Material zu überschütten. Dabei ist es rathsam, den Boden vor dem Einlegen der Röhren festzustampfen, die überschüttete Erde einzubringen und ebenfalls recht festzustoßen, ehe das Pflaster hergestellt wird. Sehr empfehlungswerth ist es allerdings, wenn man die Röhrenleitung in eine gemauerte Gallerie legen kann, wie dieß bei größern Leitungen in großen Städten vorzukommen pflegt; hiermit erreicht man den großen Vortheil, daß etwaige Wasserverluste und Mängel leicht entdeckt werden können. Die Kosten für solche Gallerien sind indeß so bedeutend, daß man nur selten sich zu ihrer Anlage entschließt.

Manchmal ereignet es sich, daß man die Leitungsröhren von dem einen Ufer eines Flusses nach dem andern hinüber führen will; hier hat man in England flexible Röhrenstränge angebracht, deren Construction aus den Fig. 16, 16 a, b, c hervorgeht.

§. 16.

Wasserleitungen für größere Städte.

Bei jeder Wasserleitung, sei es, daß sie nur einem einzelnen größeren Gebäude oder einer größeren Zahl von Gebäuden Wasser zuführt, bleibt es eine Hauptfrage: Welches ist die nöthige Wassermenge, die in einer gewissen Zeit geliefert werden muß, und wie groß müssen die Durchmesser der Röhren sein, damit sie ihrem Zwecke entsprechen?

Bei Erwägung der ersten Frage hat man vor Allem diejenige Wassermenge zu berücksichtigen, welche die Einwohner theils zum Trinken, theils zur Zubereitung der Speisen bedürfen. Nach dieser ist noch eine gewisse Wassermenge erforderlich zur Reinigung der Wäsche, der Wohnungen 2c., und endlich pflegt man auch bei einer größern Leitung darauf Rücksicht zu nehmen, daß Springbrunnen auf öffentlichen Plätzen gespeist, Straßen abgespült und erforderlichen Falls Feuerspritzen versorgt werden können. Das Trink- und zum Kochen nöthige Wasser muß natürlich möglichst rein und frisch sein, alles andere könnte etwas weniger rein verwendet werden; da es aber nicht angeht, daß man zweierlei Wasser in Leitungen führt, so müssen dieselben überhaupt nur mit reinem Wasser gespeist werden.

Die Wasserleitungen in Frankreich und besonders in England geben einen Maßstab für den Wasserbedarf neuer Leitungen. Mallet gibt die Quantität Wasser, die in den ersten Städten Großbrittaniens jeden einzelnen Einwohner trifft, wie folgt an:

	Kubikmtr.			
in London	0,0777	oder	2,87	b. Kbfß.
„ Manchester . . .	0,0426	„	1,60	„
„ Liverpool . . .	0,0267	„	0,90	„
„ Glasgow . . .	0·0969	„	3,5	„
„ Edinburg . . .	0·06	„	2,2	„

Im Mittel sollte man also nie unter 2 Kubikfß. oder 0,054 Kubikmtr. für einen Einwohner annehmen, wenn außer dem Trinkwasser auch Wasser zu allen andern genannten Zwecken geliefert werden soll.

Hat die Leitung nur Trink- und Kochwasser zu liefern, so genügen per Einwohner $^2/_3$ Kubikfß. oder 0,018 Kubikmtr.

Bei jedem Entwurfe zu einer Wasserleitung wird man darnach ein bestimmtes Quantum Wasser zu Grunde legen müssen, weil hiernach die Weite und Ausdehnung der Röhrenleitungen und der damit in Verbindung stehenden Anlagen bestimmt werden müssen. Dieses Wasserquantum kann entweder durch Abfangung von Quellen, mit Benützung von deren natürlicher Höhenlage, oder aus tiefer liegenden Bach- oder Flußbetten mittelst Pumpwerken gewonnen werden; in jedem Falle muß es die nöthige Druckhöhe haben, um nach den höchsten Orten der Stadt gelangen zu können. Diese Druckhöhe kann auf verschiedene Arten erhalten werden, entweder indem man hoch gelegene Reservoirs anlegt, in welche das Wasser hineingepumpt wird, oder indem man das mit den Pumpen gehobene

Wasser direkt in die Leitung strömen läßt, oder endlich, indem man durch eine Saug- und Druckpumpe das Wasser hebt und gleich in die Leitungsröhre hineinpreßt. Alle diese Fälle kommen vor, der erste z. B. in Paris, wo die Maschine Chaillot das Wasser in große Bassins hebt, von denen es in die verschiedenen Theile der Stadt geleitet wird; der zweite Fall ist bei der Leitung zu Toulouse und in Paris bei der Maschine Gros-Caillou; der dritte Fall kommt in der Regel nur bei kleineren Leitungen vor und wir finden ihn bei der Wasserleitung zu Illenau in Baden.

Im Allgemeinen empfehlen sich die Einrichtungen ohne große Reservoirs für bedeutende Leitungen mehr, wie die andern; denn obgleich die Reservoirs die Vortheile gewähren, daß man die Maschine einige Zeit außer Dienst lassen kann, um z. B. Reparaturen vorzunehmen, oder daß eine momentane Steigerung des Wasserbedarfs keinen Stillstand des Wassers in der Leitung bedingt, so ist eben ihre Anlage häufig dermaßen schwierig und kostspielig, daß man sich nur selten dazu entschließen wird.

Bezüglich der Vertheilung des Wassers in die verschiedenen Stadttheile muß die Speisung der laufenden öffentlichen Brunnen als der wichtigste Zweck der Leitungen angesehen werden. Die Ausgußröhren dieser Brunnen werden gerade in solcher Höhe über dem Trottoir oder Straßenpflaster angebracht, daß ein Kübel oder Eimer bequem untergestellt werden kann. Eine größere Höhe vermehrt die Druckhöhe und ist daher unzweckmäßig.

Die Zuführung des Wassers nach den einzelnen Gebäuden geschieht von den Leitungsröhren aus, welche die fließenden Brunnen speisen, Fig. 23, Taf. III.

In England, wo die Leitungen nur den Zweck haben, das Wasser in die Privatgebäude zu bringen, pflegt man es unter starkem Drucke laufen zu lassen, damit es in die höchsten Stockwerke gelangt, woselbst kleine Reservoirs stehen, die mit einem Schwimmer versehen sind, der das Ueberfließen des Wassers verhindert. Die kleinen Zweigröhren, welche das Wasser in die verschiedenen Stockwerke bringen, sind gewöhnlich von Blei.

Wie schon erwähnt, benützt man auch die Wasserleitungen, um im Falle eines Brandes die Feuerspritzen zu versorgen. Es werden zu diesem Behufe kurze Ansatzröhren an den Hauptstrang gemacht, die mit einem Hahn und Schraubengewinde versehen und jederzeit zugänglich sind.

Was die öffentlichen Brunnen betrifft, so haben diese nämlich den Zweck, die größeren Plätze einer Stadt zu zieren, sodann aber auch hauptsächlich, gewissen Stadttheilen das Trinkwasser zuzuführen. In beiden Fällen gewähren sie den Vortheil, daß das abfließende Wasser die Rinnen der Straßen spült und somit zur Reinhaltung derselben beiträgt. In Paris hat man solche Brunnen nach Fig. 21 a und b, Taf. III, welche täglich zweimal eine Stunde lang fließen und allen Unrath in den Rinnen gegen die Abflußöffnungen der unterirdischen Kanäle führen.

Im Allgemeinen sind die Brunnen so aufzustellen, daß sie die Straßen nicht beengen und die Trottoirs weder unter Wasser setzen und im Winter mit Eis bedecken, noch daß sie zu stark spritzen. Sehr zweckmäßig scheint demnach die An-

ordnung, wornach die Brunnen etwa nach der Construction Fig. 21 dicht an den Häusern stehen. Wird das Wasser nicht aufgefangen, so stürzt es sogleich durch einen Rost, dessen Stäbe, um das Spritzen zu vermeiden, oben zugeschärft sind, und fließt durch eine gußeiserne Rinne unter dem Trottoir nach der Straßenrinne. Der Hahn, welcher den Ausfluß öffnet und schließt, hat die Einrichtung Fig. 22 und 22 a.

Wir haben nun noch diejenigen Brunnen zu erwähnen, welche man laufende zu nennen pflegt, weil sie unausgesetzt fließen. Dieselben sind entweder von Stein, oder besser von Gußeisen, und erhalten eine oder auch mehrere Ausgußröhren, die das Wasser in einen Behälter ergießen. Bei Brunnen mit 2 oder 4 Ausgußröhren hat der Behälter gewöhnlich eine runde oder ellyptische Grundform. Wird er von Stein ausgeführt, so sind die Fugen sorgfältig mit Cement zu dichten, denn vollkommene Wasserdichtigkeit ist bei derartigen Anlagen die Hauptsache. In dem Behälter ist jedesmal eine Abzugsröhre, oben mit einem durchlöcherten Bleche bedeckt, welche das Ueberfließen des Wassers verhindert; diese Röhre führt entweder in die Straßenrinne oder in einen unterirdischen Kanal.

Wir gehen nun an die Beantwortung der weitern Frage: Welche Weiten müssen die Röhren haben? Um diese Frage zu lösen, ist es vor Allem nöthig, einen genauen Situationsplan von dem ganzen mit Wasser zu versorgenden Stadttheil anzufertigen, in diesen alle Brunnen, sowie die sonstigen Ausflüsse einzutragen und nach bewirkter Reduktion auf einen gemeinschaftlichen Horizont die Höhe zu beschreiben, in welcher jeder einzelne Ausfluß erfolgen soll. Wenn nun eine Tabelle die sämmtlichen Wassermengen nachweist, so hat man alle Angaben, um das Projekt in den Hauptpunkten festzustellen. Von besonderer Wichtigkeit ist dabei eine zweckmäßige Vertheilung der disponiblen Wassermenge; man muß gewisse Vertheilungspunkte aufsuchen, von denen aus man die Umgebungen bequem speisen kann, und diese Punkte müssen wo möglich von der Hauptleitung berührt werden. Die Röhren münden daselbst gewöhnlich in einen gußeisernen Cylinder, wie Fig. 14; zuweilen legt man aber auch größere Bassins oder Brunnen an. Hat man die Lage sämmtlicher Vertheilungspunkte und den Zug derjenigen Röhren bestimmt, wodurch sie gespeist werden, so kann man mit Hülfe hydraulischer Formeln die nöthige Weite der Röhren berechnen.

Wir wollen diese Formeln in Kürze angeben: *)

1) Will man den Durchmesser finden, welchen eine Röhrenleitung erhalten muß, die mit einem gegebenen Gefälle in jeder Sekunde eine bestimmte Wassermenge M Kubikmtr. liefern soll, so hat man sehr nahe:

$$D = 0{\cdot}2955 \sqrt[5]{\frac{L\ M^2}{H}}$$

L ist die Länge der Leitung, H das totale Gefälle.

Genauer findet man diesen Durchmesser mittelst folgender Gleichungen:

*) Man sehe Weisbach's Ingenieur-Mechanik und Redtenbacher's Resultate.

$$H = \frac{u^2}{2g} + \frac{4L}{D} (\alpha u + \beta u^2)$$

$$M = \frac{1}{4} D^2 \pi u, \text{ worin}$$

u die Geschwindigkeit des Wassers in der Röhre,
$g = 9{\cdot}808$ Mtr.; $\pi = 3{\cdot}14$; $\alpha = 0{\cdot}00001733$; $\beta = 0{\cdot}0003483$.

Man nimmt nämlich versuchsweise für u mehrere Werthe an, berechnet die diesen Annahmen entsprechenden Werthe von D vermittelst der Gleichung

$$D = \sqrt{\frac{4M}{\pi u}}$$ und substituirt sodann je 2 zusammengehörige Werthe von u und D in die Gleichung für H. Diejenigen Werthe von u und D, welche dieser Gleichung genügen, sind dann die zu suchenden Größen.

Hagen gibt folgende Formel an:

$$\varrho^{\frac{9}{2}} = \frac{4l}{h} \cdot M^{\frac{7}{4}}$$

l Länge der Röhrenleitung in pr. Fuß,
h das Gefälle in pr. Fuß,
M die Wassermenge per Sekunde in Kubikfuß,
ϱ Halbmesser in Zollen.

2) Will man die Gefällshöhe finden, welche vorhanden sein muß, wenn eine Röhrenleitung von gegebener Länge L und Weite D eine bestimmte Wassermenge M Kubikmtr. per Sekunde liefern soll, so berechnet man zuerst u vermittelst

$$u = \frac{M}{\frac{1}{4} D^2 \pi}$$

dann findet man die Gefällshöhe H aus der Gleichung

$$H = \frac{u^2}{2g} + \frac{4L}{D} (\alpha u + \beta u^2)$$

3) Der Gefällsverlust durch Reibung des Wassers an den Röhrenwänden wird für runde Röhren aus der Gleichung

$$Z = \frac{4L}{D} (\alpha u + \beta u^2)$$

gefunden.

Z ist die Höhe der Wassersäule, deren Gewicht im Stande ist, den Reibungswiderstand des Wassers an der Röhrenwand zu überwinden.

4) Um den Gefällsverlust durch Krümmungen zu ermitteln, hat man, wenn

u die Geschwindigkeit des Wassers in der Röhre,
r Radius der Krümmung,
s die Bogenlänge des gekrümmten Theils,
Z der Gefällsverlust wegen dieser Krümmung

$$Z = \frac{u^2}{2g} (0{\cdot}0039 + 0{\cdot}0186\, r) \frac{s}{r^2}$$

5) Die Gefällsverluste durch Verengungen bestimmen sich aus der Gleichung

$$Z = \frac{u^2}{2g} \left\{ \frac{\Omega}{\Omega_1 k_1} - 1 \right\}^2$$

Ω Querschnitt der Röhre,
Ω_1 „ „ Verengung,
k_1 Contractionscoefficient,
u Geschwindigkeit im Querschnitt Ω

$$g = 9{\cdot}808 \text{ Meter.}$$

6) Um die Ausflußgeschwindigkeit des Wassers aus einer Röhrenleitung zu finden, hat man folgendes allgemeine Verfahren:

Ist H das totale Gefälle, d. h. Höhe des Wasserspiegels im oberen Reservoir über dem Mittelpunkt der Ausflußöffnung,
S die Summe der Gefällsverluste durch Reibung, Krümmungen, Verengungen u. s. w. entstehend,
h die Geschwindigkeitshöhe, welche der zu berechnenden Ausflußgeschwindigkeit entspricht, so ist

$$H = S + h$$

Die Summe S muß in jedem besonderen Falle nach Nr. 3, 4, 5 berechnet werden; man erhält alsdann aus $\sqrt{2gh}$ die Ausflußgeschwindigkeit.

7) Wenn in der Leitung weder Krümmungen noch Verengungen vorkommen, so ist für eine durchaus gleich weite unten offene Röhre

$$u = -\frac{0{\cdot}002804\, L g}{L + 37{\cdot}2\, D} + \sqrt{\left\{ \frac{74{\cdot}405\, H D g}{L + 37{\cdot}2\, D} + \left(\frac{0{\cdot}002804\, L g}{L + 37{\cdot}2\, D} \right)^2 \right\}}$$

Wenn die Röhre so lang ist, daß 37·2 D gegen L vernachläßigt werden darf, so hat man

$$u = -0{\cdot}002804 g + 8{\cdot}626 \sqrt{\frac{g H D}{L}}$$

Wenn die Geschwindigkeit u $>$ als 0·6 Mtr. ist, so darf man nehmen:

$$u = 8{\cdot}427 \sqrt{\frac{g H D}{L + 35{\cdot}5\, D}}$$

Bei der Berechnung der Röhrenweite ist es immer rathsam, die Wassermenge M noch etwa um die Hälfte größer anzunehmen, als sie wirklich ist, man sichert sich dadurch theils die Möglichkeit bei einem steigenden Bedürfnisse, der Leitung eine etwas größere Ausdehnung zu geben, theils aber werden auch die zufälligen Verengungen der Röhre sich nicht gleich so nachtheilig zeigen. Sind nun die verschiedenen Weiten, welche die Röhrenstücke haben müssen, berechnet, so verändert man die Halbmesser noch etwas, damit für die Gießerei nicht zu vielerlei Formen nöthig werden.

Erwähnung verdient hier noch die besondere Anordnung, die man in Paris mit der Wasserleitung getroffen hat, welche durch den Ourcq-Kanal gespeist wird. Das Wasser wird zuerst in einem unterirdischen Kanale, dem Aquaduct de Ceinture, etwa ½ Meile weit fortgeleitet; sieben Röhrenleitungen schöpfen an dem

Ende dieses Aquaducts das Wasser und führen es in Gallerien nach dem tiefer liegenden Theil der Stadt. Die größte unter diesen Gallerien ist die Gallerie St. Laurent. Fig. 20 b zeigt ihr Profil und Fig. 20 a das Profil des Gebäudes, worin diese Röhren gespeist werden.

Als Beispiel für die Berechnung einer Wasserleitung geben wir folgenden Fall: In der Nähe einer Irrenanstalt, welche mit dem nöthigen Trink-, Koch- und Reinigungswasser versehen werden soll, befindet sich ein kleiner Mühlbach, welcher bei einer Wassermenge von 0,675 Kubmtr. und einem Gefälle von 1·35 Meter eine Wasserkraft von etwa 6 Pferdekräften gibt. Es soll nun damit:

1) eine Wasserleitung in Betrieb gesetzt werden, welche den nöthigen Wasserbedarf durch eine an dem Mühlbache aufzustellende Saug- und Druckpumpe aus einem Brunnenschachte zu beziehen hat, und nicht nur das Wasser in alle Stockwerke der Anstalt führt, sondern auch noch 3 laufende Röhrenbrunnen speist;.

2) eine Walke und 3) eine Knochenstampfe in Gang gebracht werden.

Zur Beurtheilung des gesammten Wasserbedarfes, sowie der ganzen Einrichtung wird angegeben, daß jeder Einwohner der Anstalt im Durchschnitt täglich 37 Maas Wasser braucht und daß 600 Einwohner da sind. Diese Wassermasse soll in 15 Stunden beigeschafft werden, es kommt somit auf die Sekunde 0·000617 Kubmtr. Die 3 laufenden Brunnen liefern in der Sekunde 0·0006 Kubmtr., somit ist die ganze Wassermasse 0·0012 Kubmtr.

Das Wasser ist in 5 Reservoirs, welche auf dem Dachraum des Gebäudes angebracht werden, zu heben; die Reservoirs liegen 15,6 Mtr. über dem Hof der Anstalt, welch' letzterer 1,5 Mtr. höher liegt, als das Ufer des Baches, wo der Brunnen angelegt werden soll. In einer Tiefe von 2·1 — 2·4 Mtr. liegt der Spiegel des Horizontalwassers. Die Entfernung des mittlern Hofes der Anstalt, bei welchem sich die Leitung verzweigt, von dem Brunnenschacht beträgt 360 Mtr.

Durchmesser der Röhren.

Der Durchmesser der Hauptleitung wird für die doppelte Wassermenge, also für 0,0024 Kubmtr., zu 0·075 Mtr. angenommen. Die Geschwindigkeit des Wassers in der Leitung findet sich daher aus der Gleichung:

$$\frac{\pi d^2}{4} \cdot v = 0{\cdot}0024$$

$\pi = 3{,}14$

$d = 0{,}075$, also $v = 0{\cdot}54$ Mtr.

Die Zweigröhren erhalten einen Durchmesser von 0·06 Meter. Die Röhren, welche zu den Brunnen führen, werden 0·045 Meter, die mit diesen Röhren in Verbindung gesetzten Bleiröhren 0·036 Meter weit.

Pumpwerk.

Die Pumpe besteht aus zwei einfach wirkenden Cylindern, in welchen die beiden durch eine Kurbel bewegten Kolben auf- und niedergehen und abwechselnd das Wasser saugen und in die Leitung pressen. Die Kurbel macht 36 Umdrehungen in einer Minute, die Zeit eines Kolbenhubs ist daher 0,83 Sek., ein Kol-

benhub ist 0,24 Mtr. hoch, folglich die Geschwindigkeit des Kolbens 0,29 Mtr., die Wassermenge pro Sekunde soll 0·0012 *) Kubikmtr. sein; man hat daher den Durchmesser des Kolbens

$$D = \sqrt{m \cdot \frac{4q}{\pi v}}$$

m = 1,1 für gute Pumpen
q = 0·0012 Kubikmtr.
v = 0·29 gibt

$$D = 0{\cdot}075 \text{ Mtr.}$$

Zur Bestimmung des Nutzeffekts, welchen die Betriebsmaschine entwickeln muß, hat man für gute Pumpwerke:

$$75\, N_n = \left(1 + \frac{1}{10}\right) 1000\, q\, (h + Z)$$

worin:

q Die zu hebende Wassermenge in Kubikmtr. pro Sek. = 0·0012 Kubikmtr.
h die Höhe, auf welche das Wasser gehoben werden soll = 18 Mtr.
Z die Höhe der Wassersäule, welche den Widerständen des Wassers in der Leitung entspricht.

Der Widerstand der Reibung erfordert die Höhe:

$$Z' = \frac{4L}{d} (\alpha\, u + \beta\, u^2)$$

L Länge der Röhre . . . . = 366 Mtr.
d Durchmesser derselben . . . . = 0·075 „
u Geschwindigkeit des Wassers in der Röhre . . = 0·54 „
α = 0·00001733
β = 0·0003483

daher

$$Z' = \frac{4{\cdot}366}{0{,}075} \cdot 0{,}0001109 = 2{\cdot}14 \text{ Mtr.}$$

Für die übrigen Röhrenstücke beträgt der Gefällsverlust wegen Reibung des Wassers an den Wänden noch etwa 3·5 Mtr., zusammen daher

$$Z' = 5{\cdot}6 \text{ Mtr.}$$

Der Widerstand durch Krümmungen erfordert eine Höhe von:

$$Z'' = \frac{u^2}{2g} \{0{,}0039 + 0{,}0186\, r\} \frac{s}{r_2}$$

r ist für die stärkste Krümmung in einer Zweigleitung 0,45 Mtr.
s Bogenlänge = 0·6 Mtr.
u höchstens = 0·8 Mtr. woher

$$Z'' = 0{,}0012 \text{ Mtr.}$$

Im Ganzen können 12 scharfe Krümmungen angenommen werden, also gibt

$$Z'' = 0{\cdot}0144 \text{ Mtr.}$$

Der Widerstand durch Verengungen ergibt sich aus:

---

*) Wenn sich die Wassermenge einmal verdoppelt, wird ein zweites Pumpwerk aufgestellt.

$$Z''' = \frac{u^2}{2g}\left\{\left(1 - \frac{\Omega}{\Omega_1}\right)^2 + \left(\frac{\Omega}{\Omega_2}\right)^2\left(\frac{1}{k_2} - 1\right)^2\right\}$$

wobei Ω, Ω_1, Ω_2 drei aufeinander folgende Querschnitte;

u die Geschwindigkeit des Wassers im Querschnitt $\Omega = 0{\cdot}54$ Mtr.

k_2 Contractionscoefficient für den Uebergang aus Ω_1 in $\Omega_2 = 0{\cdot}9$.

Für einen Vertheilungskasten hat man

$$\Omega = 0{\cdot}0043,$$
$$\Omega_1 = 0{\cdot}63$$
$$\Omega_2 = 0{\cdot}0056$$

daher $Z''' = 0{\cdot}015$ Mtr.

für 2 Vertheilungskästen mit je 3 Zweigröhren hat man also

$$Z''' = 0{\cdot}09 \text{ Mtr.}$$

der Gefällsverlust beim Eintritt des Wassers in die Leitung ist

$$Z^{IV} = (1 - 0{,}9)\frac{u^2}{2g}$$

$u = 0{\cdot}54$

$$Z^{IV} = 0{\cdot}0015 \text{ Mtr.}$$

Der Gefällsverlust wegen des Austritts des Wassers ist

$Z^{V} = \frac{u^2}{2g}$ wo v die Austrittsgeschwindigkeit für $v = 0{\cdot}3$ ist,

$Z^{V} = 0{\cdot}004$ für 5 Reservoirs,

daher $Z^{V} = 0{\cdot}02$ Mtr.

Man hat also die Summe der Gefällsverluste

$$Z = Z' + Z'' + Z''' + Z^{IV} + Z^{V} = 5{\cdot}729 \text{ Mtr.}$$

Wir nehmen zur vollkommenen Sicherheit $Z = 8$ Mtr. an und haben daher den Nutzeffekt:

$$E_n = 75\ N_n = 1{,}1 \,.\, 1000 \,.\, 0{,}0012 \,.\, 26$$
$$= 34{,}3 \text{ Kilogrammmeter.}$$

Der Nutzeffekt für die Walke wird zu p. p. 70 Kilogrmtr. und für die Knochenstampfe zu 40 Kilogrmtr. angenommen, es sind daher im Ganzen 34,3 + 70 + 40 = 144,3 Kilogrmtr. erforderlich und bleiben daher noch 4 Pferdekräfte zur beliebigen Verfügung.

Zur Bestimmung der lichten Weite der Ausgußröhren der laufenden Brunnen haben wir die Gleichung:

$$d = \sqrt{\frac{4q}{\pi \,.\, m \,.\, v}}$$

die drei Brunnen haben zusammen vier Ausgußröhren, folglich ist die Wassermenge für eine solche $\frac{0{\cdot}0006}{4} = 0{\cdot}00015$ Kubikmtr. Der Contractions-Coefficient ist $= 0{\cdot}603$; die Geschwindigkeit $v = \sqrt{2gh}$ wo h die Druckhöhe $= 15{\cdot}6$ — Höhe des Ausgußrohres über dem Boden $= 13{\cdot}6$ Mtr. Man hat daher:

$$d = 0{\cdot}0043 \text{ Mtr.}$$

Dritter Abschnitt.

Fluß- oder Strombau.

Fluß- oder Strombau.

§. 17.

Entstehung und allgemeine Eigenschaften der Ströme.

Ueber die Entstehung der Bäche, Flüsse oder Ströme sagt Hagen in seinem Wasserbau folgendes: Der Regen oder Schnee trifft im Allgemeinen die ganze Erdoberfläche, und wenn auch keine gleichmäßige Vertheilung desselben stattfindet, so sind die höher liegenden Gegenden und die Gebirge doch keineswegs davon ausgeschlossen, sondern sie werden im Gegentheil sogar vorzugsweise getroffen. Das Wasser ist dem allgemeinen Gesetze der Schwere unterworfen, es kann sich daher auf einer geneigten Oberfläche nicht halten, sondern fließt herab. Seine große Beweglichkeit, verbunden mit der Eigenschaft, sehr feine Zwischenräume zu durchdringen, befördert diese Bewegung. Es folgt dem stärksten Abhange oder im Allgemeinen demjenigen Wege, der die mindesten Hindernisse entgegenstellt. Ueber einen undurchdringlichen Boden, oder einen solchen, der schon mit Wasser gesättigt ist, fließt es sichtbar fort; in durchdringliche Erdschichten dagegen, deren Zwischenräume noch nicht angefüllt sind, und ebenso auch in klüftiges Gestein, zieht es sich hinein, und setzt auch in diesem Falle langsam seine Bewegung abwärts fort, bis es das Grundwasser oder solche Schichten antrifft, die schon mit Wasser angefüllt sind. Hier würde es zur Ruhe kommen und sich immer mehr ansammeln, wenn nicht die größere Höhe, zu welcher es ansteigt, den Druck vermehrte und dadurch Veranlassung gäbe, daß Seitenabflüsse nach dem Fuße der Anhöhe oder in die tiefer liegenden Thäler sich bildeten. In den letzteren vereinigt sich dieses Quellwasser wieder mit demjenigen, welches auf der Oberfläche herabfloß, und beide speisen gemeinschaftlich denselben Wasserlauf und bilden so einen Bach.

Derjenige Theil des Regenwassers, der entweder keinen Abfluß fand, oder vermöge der Capillar-Attraktion in der durchdringlichen Oberfläche zurückgehalten wird, verdunstet, sobald die Trockenheit oder eine höhere Temparatur die Luft zur Aufnahme desselben empfänglich macht. In gleicher Weise gehen auch aus der Oberfläche des bewegten Wassers, so weit dasselbe mit trockener Luft in Berührung kommt, fortwährend Theilchen in diese über.

Dasjenige Wasser dagegen, welches die Bäche und Flüsse bildet, bewegt sich immer nach den tiefern Stellen der Erdoberfläche hin, und von diesen fließt es zu den noch tiefern herab, wenn solche in der Nähe vorhanden und ihm zugänglich sind. Kommt es aber in einen rings mit Anhöhen umschlossenen Kessel, der zunächst keinen Ausweg bietet, so sammelt es sich in diesem an, und wenn nicht etwa die Verdunstung, oder auch wohl die Filtration so stark ist, daß die ganze zufließende Wassermenge absorbirt wird, so steigt es in dem Kessel oder Landsee immer mehr, bis es zuletzt an einer Stelle, wo der umgebende Rand am niedrigsten ist, überfließt und von Neuem dem Abhang des Bodens folgt. Dieser Lauf muß aber augenscheinlich ein Ende nehmen, sobald die allerniederste Stelle auf der Erdoberfläche erreicht ist. Das Wasser sammelt sich auch hier an und gelangt zur Ruhe, indem ein ferneres Abfließen nicht mehr denkbar ist. Auf solche Art bildete sich der Ocean und derselbe müßte durch den Zufluß der Ströme sich noch fortwährend ausdehnen, wenn nicht die ganze Wassermenge, welche zugeführt wird, wieder verdunstete, und dadurch zu den Anhöhen und dem festen Lande zurückkehrte."

Hieraus geht klar hervor, wie aus dem atmosphärischen Niederschlage die Quellen und Rinnen gespeist werden, welche durch ihren Zusammenfluß die Bäche bilden, die wieder in ihrer Vereinigung die Flüsse speisen, aus denen endlich die Ströme hervorgehen, welche in die Meere einmünden; es geht ferner daraus hervor, daß, da die dem Meere zugeführten Wassermengen als Wasserdunst in der Atmosphäre wieder auf die höchsten Gebirge fortgeführt werden, woselbst sie sich wieder als Regen niederschlagen, ein ewiger Kreislauf entsteht, dem die Erde ihren Pflanzenwuchs und ihre Bewohnbarkeit zu verdanken hat.

Betrachten wir nun die Gestaltung der Erdoberfläche gegen den Meeresspiegel, den wir uns zu einer Kugelfläche ergänzt denken wollen, so finden wir, daß dieselbe theils unter diese letztere hinunter tritt, theils über sie hervorragt, sich also einzelne Meere und See bilden, die durch festes Land von einander getrennt sind. Die Ströme münden in die Meere ein und jeder einzelne Strom bildet die Hauptader eines Systems von fließenden Wassern, welche stufenweise bedeutungsloser werden, bis sie zuletzt in Quellen endigen. Diejenige Fläche des Erdbodens, welche das Regenwasser den letztgenannten Quellen liefert, und außerdem alles Wasser dem ganzen System zuführt, nennen wir das Stromgebiet, und es ist somit auch der Strom selbst der Hauptthalweg, dessen zugehöriges Becken begrenzt ist von der betreffenden Hauptwasserscheide, den beiden sekundären Wasserscheiden, verlängert bis an das Meer, in welches der Strom einmündet, und dem zwischen diesen verlängerten Wasserscheiden liegenden Ufer des Meeres. Ein Stromgebiet ist demnach zusammengesetzt aus den Becken aller Zuflüsse.

Die Hauptzuflüsse sind die sekundären Thalwege oder Flüsse, deren Gebiete wieder begrenzt sind, von einem Theil der betreffenden sekundären Wasserscheide, von zwei tertiären Wasserscheiden, verlängert bis an den Strom, und dem zwischen den beiden verlängerten tertiären Wasserscheiden liegenden Ufer des Stromes.

Die Größe des Flußgebietes, aus welchem alle Wasser herkommen, die durch ein gewisses Profil des Flusses gehen, ist somit auch gleich der Summe aller Becken niederer Ordnung der oberhalb des gegebenen Punktes liegenden Zuflüsse.

Hieraus geht hervor, daß aus der Größe des Flußgebietes und der Menge des jährlichen atmosphärischen Niederschlags auf die Wassermasse des Flusses geschlossen werden kann, wenn nur bestimmt ist, welcher Theil dieses Niederschlags wirklich in den Thalweg gelangt, sei es durch freies Abfließen auf der Thalwand oder durch Quellen, und ferner, welchen Einfluß die natürliche Beschaffenheit und Gestaltung des Flußgebietes ausübt. (§. 4. des Brückenbaues und §. 2. Abschnitt I.)

Von allen übrigen Umständen abgesehen, wird der Rang und die Bedeutung eines Stromes durch die Größe des Flußgebietes bestimmt. Wir lassen hier einige Angaben folgen:

	Geograph. Quadrat-Meilen.		Geograph. Quadrat-Meilen.
1. Amazonenstrom	88305	12. Donau	14423
2. La Plata	71664	13. Dwina	5890
3. St. Lorenzo	62330	14. Rhein	3588
4. Mississippi	53636	15. Weichsel	3578
5. Amur	53559	16. Elbe	2800
6. Jenisei	47001	17. Loire	2378
7. Lena	36483	18. Oder	2072
8. Nil	32630	19. Duero	1638
9. Wolga	30154	20. Po	1410
10. Senegal	25614	21. Seine	1236
11. Ganges	20224	22. Weser	874

Nach diesen allgemeinen Andeutungen geben wir die Erklärung einiger im Flußbau vorkommenden Bezeichnungen, und fügen das Nöthige über die allgemeinen Eigenschaften der Ströme bei. Bei jedem Flusse unterscheidet man: den **obern**, **mittlern** und **untern Theil** seines Laufes. Der obere Theil heißt seine **Quelle**, der untere seine **Mündung**.

Unter dem **Bette** eines Flusses versteht man den Kanal, in welchem die Wassermasse abgeführt wird. Man unterscheidet bei dem Bette: die **Sohle**, die **Uferwände**, das **Bord**. Die **Sohle des Flußbettes** besteht gewöhnlich aus Geschieblagern von verschiedener Mächtigkeit. Die einzelnen Geschiebstücke haben verschiedene Größen, je nach der Geschwindigkeit des Flusses (§. 4. des Brückenbaues), sie bestehen nicht immer, ja selten aus den Gesteinarten, welche am betreffenden Orte oder in der nächsten Umgebung die Erdoberfläche bilden, sondern und häufig von großen Entfernungen von jenem Boden herbeigebracht, in welchem der Fluß bereits eine Geschwindigkeit hat, die groß genug ist, sie fortzubewegen; sie werden sodann bis dahin fortgeführt, wo die Geschwindigkeit schon zu klein geworden ist, als daß sie dieselben noch fortreißen könnten. Z. B. am Rhein sind oberhalb Kehl die meisten Geschiebe schweizerische Gesteinarten, wie Alpenkalk 2c. — Die Geschiebe, welche die Seitenflüsse vom Schwarzwalde brin-

gen, sind in der Regel um die Mündungen dieser angehäuft. Unterhalb Kehl kommen diese Schwarzwaldgeschiebe, als Gneis, Serpentin, Granit, Porphyr rc. mit den Alpengeschieben vor.

Die Sohle des Flusses bildet im Allgemeinen eine Curve, welche um so stärker gekrümmt ist, je mehr sie sich der Quelle nähert. Die Neigung des Wasserspiegels oder das Gefälle des Flusses stellt sich sonach auf die ganze Länge des Laufes verschieden dar. In den Furthen und überhaupt auf den seichteren Stellen ist das Gefälle stärker, als in den tiefern Strecken; die ersteren aber, welche größtentheils durch die zufällige Gestaltung der Erdoberfläche, durch vortretende Felsen, durch eine eigenthümliche Lage der Ufer oder durch die Einmündung der Seitenzuflüsse bedingt werden, bilden gewissermaßen die Festpunkte, wodurch das Gefälle des Stromes im Ganzen normirt wird. Ein allgemein gültiges Gesetz über die Vertheilung des Gefälles läßt sich nicht angeben.

Das Gefälle des Flusses ändert sich bei verschiedenen Wasserständen, weil bei eintretenden Anschwellungen das Abflußprofil nicht mehr durch das eigentliche Bette, sondern vielmehr durch die Entfernung der höhern Ufer (Hochgestade) bedingt wird.

Daß das Gefälle des Stromes durch Correctionen verändert wird, bedarf keiner weitern Auseinandersetzung.

Die Uferwände bestehen aus den Schichten, welche den umgebenden Boden bilden; sie sind mehr oder weniger steil, je nachdem sie eine größere oder geringere Widerstandsfähigkeit haben, also sich unter mehr oder weniger steilen Böschungswinkeln halten können. Der Boden, in welchen das Bette eingeschnitten ist, besteht häufig aus Flußgeschieben, die früher in der Niederung abgelagert worden sind. Diese Geschiebe erstrecken sich oft in bedeutender Mächtigkeit auf große Entfernungen.

An solchen Stellen des Flusses, wo die Ufer zu steil oder nicht geschützt sind, finden Einstürze oder Uferabbrüche statt. Im festen Thonboden, der sich mit sehr steiler Böschung hält, stürzen gewöhnlich nur größere Massen senkrecht herab, besonders wenn der Wasserspiegel nach einem Hochwasser wieder zurückgetreten ist und der Gegendruck des Wassers aufhört. Bei einem stärkeren Zusatze von Sand oder Kies erfolgt schon die Ablösung in kleinern Massen, und die Richtung des Bruchs ist weniger steil. Bei reinem Sande oder Kies stellt sich die Dossirung nach jedem Angriffe sogleich wieder her, der Gegendruck des Wassers verhindert nicht das Nachstürzen der Ufer, weil das Wasser in dieselben eindringt. Der Grund, warum sandige Ufer nach Abfluß des Hochwassers leicht einstürzen, ist der, daß das in den Boden eingedrungene Hochwasser wieder zurückströmt und das Ufer erst erreicht, wenn das Wasser schon gefallen ist; hierdurch bilden sich starke Quellen, die eine Masse Sand mit sich fortreißen und dadurch den Abbruch veranlassen. Concave Ufer sind dem Angriffe des Wassers am meisten ausgesetzt, während an convexen sich eher Ablagerungen von Material bilden. Hiernach ist es auch erklärlich, wie aus einer Fluß-Krümmung eine Serpentine entstehen kann.

Das Uferbord ist die Linie, in welcher die Uferwände und die Oberfläche des Ufergeländes sich schneiden. Diese Linie ist oft sehr scharf begrenzt, besonders wo das Flußbett tief eingeschnitten ist, oder wo das Gelände gegen die Ufer hin flach abfällt. Zuweilen aber fällt das Ufergelände fast gleichförmig bis zur Sohle

des Flusses, und in diesem Falle sind dann die Uferborde unbestimmt. Unbestimmte Ufer und scharfe Borde wechseln oft sehr häufig, besonders da, wo die Richtung des Stromstrichs veränderlich ist.

Der Querschnitt eines Stromes oder überhaupt eines fließenden Wassers ist allgemein von einer Curve begrenzt, welche irgendwo eine größte Ordinate, d. h. eine größte Tiefe hat. Verbindet man diese tiefsten Stellen der aufeinander folgenden Querschnitte durch eine Linie, so gibt diese die Richtung der eigentlichen Stromrinne oder Strombahn, in welcher das Wasser mit der größten Geschwindigkeit abfließt. Die Richtung der Strombahn wechselt häufig innerhalb der Borde, sie liegt öfters abwechselnd dem einen oder dem andern näher.

Bei einem Flusse, der ein sehr geordnetes Regime hat, d. i. in dessen Bette weder Angriffe noch Ablagerungen vorkommen, und welches die sog. Normalbreite und Normaltiefe hat, bleiben die Querschnitte ziemlich beständig und die Stromrinne hält sich in der Mitte des Bettes. Um daher die Normalbreite zu ermitteln, untersucht man den Strom in der Nähe der zu regulirenden Strecke, und wo man eine Stelle findet, die weder Abbruch noch Verlandung zeigt, so ergibt sich aus dieser die Normalbreite. In Flußkrümmungen dagegen liegt die Strombahn immer näher dem concaven Ufer.

Denkt man sich die Oberfläche des Wassers aus vielen parallelen Linien als Elemente der Fläche zusammengesetzt, nach deren Richtung die Bewegung des Wassers stattfindet, so ergibt sich, daß in jedem derselben nicht gleiche Geschwindigkeit herrscht. Diejenige Linie, in welcher die größte Geschwindigkeit stattfindet, heißt der Thalweg, und es ist dieser sehr nahe in derselben Vertikalebene mit der Stromrinne.

Ein Flußbett hat oft einzelne Erhöhungen, welche über einen gewissen Wasserstand, selbst zuweilen über den höchsten, hinausreichen, so daß eine förmliche Stromspaltung eintritt. Diese Erhöhung heißt Insel, wenn sie beim Hochwasser theilweise trocken bleibt; sie heißt Grund, Kies- oder Sandbank, wenn sie schon beim Mittelwasser überfluthet wird.

Ein Flußbett mit vielen solchen Erhöhungen heißt zerrissen, und in einem solchen Falle wechselt der Stromstrich häufig. Ein zerrissenes Bett besteht aus der Hauptstromrinne und ihren Armen, welch letztere oft beträchtliche Wassermassen abführen, oft aber auch stilles Wasser haben.

Am Rheine heißt ein Arm, in welchem früher der Thalweg ging, Altrhein. Die Altrheine haben wenigstens bei höherm Wasser noch Strömung und legen Geschiebe ab. Gewisse Arme haben erhöhte Sohlen und führen nur Wasser beim höchsten Wasserstande, man nennt sie Gießen. Eine Wassersammlung, die mit dem Strome in keiner directen Verbindung mehr steht, heißt Altwasser.

Alle Flüsse oder Ströme haben verschiedene Wasserstände und bei diesen oft sehr verschiedene Ufer. Wenn das Wasser eines Flusses die Bordlinie eines Ufers erreicht, so ist er vollbördig. Das dem Flusse zunächst liegende Terrain heißt das Ufergelände. Das Land, über welches sich bei Ueberschwemmungen das Wasser ausbreitet, nennt man sein Ueberschwemmungsgebiet.

Unter Hochgestade versteht man die Grenzen eines mit dem Bette mehr oder weniger parallelen Raumes, welcher in das natürliche Gelände einge-

schnitten ist. Man unterscheidet Bord, Abhang und Fuß des Hochgestades. Der Raum zwischen dem Fuß des Hochgestades und dem Uferbord heißt **Vorland**; ist er sehr ausgedehnt, auch **Niederung**. Der ganze Raum zwischen den Hochgestaden ist der **Flußgrund**.

Die **Höhe des Wasserspiegels** ist an jeder Stelle des Stromes durch die Wassermenge bedingt; wenn diese sich vergrößert, so steigt das Wasser und entgegengesetzten Falles sinkt es. Die Menge des zufließenden Wassers hängt wieder von den atmosphärischen Niederschlägen ab, welche, wie schon früher erwähnt, höchst ungleichmäßig auf das ganze Jahr vertheilt sind. Sammeln sich diese Niederschläge unmittelbar in einem Bache, welcher keine weiteren Quellen hat, so zeigt er dieselbe Veränderlichkeit wie die Witterung; dieß zeigt sich bei den meisten kleinen Gebirgsflüssen.

Weniger veränderlich sind solche Flüsse, bei denen die Niederschläge nicht direct auf die stark geneigten Ufer des Flusses fallen, sondern erst einen weitern Weg zu durchlaufen haben; hier erfolgt gewissermaßen eine Ausgleichung, indem die Niederungen und Vorländer als Sammelbehälter wirken, die ihr Wasser erst abgeben, wenn der Wasserspiegel zu sinken anfängt.

Aber noch weniger veränderlich zeigen sich solche Flüsse, die von größern Bassins, See'n oder Sümpfen gespeist werden, welche die Niederschläge zunächst aufgenommen haben.

Es ergibt sich hieraus, daß der Wasserstand eines Stromes vorzugsweise abhängig ist von der Reichhaltigkeit seiner Zuflüsse, oder wenn er von großen See'n gespeist wird, von dem Wasserstande in diesen, — in beiden Fällen also von den Witterungsverhältnissen. Man unterscheidet bei jedem Strome einen **niedersten, mittlern** und **höchsten Wasserstand**. Der niederste wird eintreten zur Zeit der größten Dürre im heißen Sommer und zur Zeit der größten Kälte im Winter, denn in beiden Fällen sind die Zuflüsse am geringsten, der höchste dagegen im Anfang des Sommers, wenn der Schnee in den Gebirgen schmilzt, und in den letzten Sommermonaten, wo es am meisten regnet.

Wie sehr diese beiden Wasserstände, beziehungsweise die Wassermassen von einander verschieden sein können, zeigt folgende Zusammenstellung von Minard:

Name des Flusses.	Niederwasser in Kubikmtr.		Hochwasser in Kubikmtr.		Verhältniß.
Rhein bei Kehl	380	—	4685	—	1:12,3
Oise bei Creil	31	—	500	—	1:16
Maase unterhalb Samoise	33,4	—	600	—	1:17
Maase am Kan. des Ardennes	22	—	500	—	1:22
Midouze bei Mont de Marsan	12,5	—	348	—	1:28
Saône bei St. Jean de Losne	26,4	—	800	—	1:30
Aisne bei Berry an Bal	12	—	455	—	1:38
Dordogne gegenüber Mauzac	36	—	3000	—	1:83
Mosel unterhalb Metz	20,4	—	2000	—	1:100
Garonne unterhalb Tarn	87	—	12000	—	1:138
Garonne bei Toulouse	36	—	5700	—	1:158
Tarn bei Alby	15	—	4000	—	1:266

Name des Flusses	Niederwasser in Kubikmtr.		Hochwasser in Kubikmtr.		Verhältniß.
Loire bei Briare	32	—	10000	—	1:312
Allier bei le Guètin	16	—	6000	—	1:375

Bei dem Rheinstrome hat man folgende Wassermengen beobachtet: der Hinterrhein führt unterhalb Tusis im Canton Graubündten bei kleinem Wasser 15,64 Kubikmtr., bei hohem dagegen 1100 Kubikmtr., das Verhältniß ist also hier wie 1:70. Wesentlich verschieden stellt sich das Verhältniß weiter unterhalb heraus: Der Bodensee sammelt die Wassermassen, welche bei starken Anschwellungen des Rheins ihm zufließen, und indem er dieselben nur nach und nach wieder abgibt, so bewirkt er eine gleichmäßige Speisung der unterhalb folgenden Stromstrecke. Die Wassermasse beträgt hier nach Defontaine.

	Niederwasser in Kubikmtr.		Hochwasser in Kubikmtr.		Verhältniß.
bei Basel	330	—	4624	—	1:14
bei Alt-Breisach	340	—	4630	—	1:13,6
bei Kehl	380	—	4685	—	1:12,3
bei Lauterburg	465	—	5010	—	1:10,8

Von großem Einflusse auf den Wasserstand eines Stromes sind auch die Eisgänge. Eine theilweise oder ganze Sperrung des Bettes durch das Eis verursacht nämlich oberhalb einen Aufstau und unterhalb, in Folge des verminderten Zuflusses, ein starkes Sinken des Wassers. Nur bei geringer Strömung wird sich bei einem Strome eine vollständige Eisdecke bilden; bei stärkerer Strömung gestaltet die heftige Bewegung des Wassers nicht die Bildung des Eises. Nichts desto weniger theilt sich die Kälte der Luft nach und nach dem Wasser mit und dasselbe erkaltet bis zum Gefrierpunkt oder auch wohl noch mehr. Wo es alsdann an eine Stelle kommt, an welcher die Strömung geringer ist, zeigt sich sogleich die Eisbildung; es schießen die Nadeln an und bilden lockere Eismassen. Bevor dieselben aber noch ganz gefrieren können, so wird die Veränderung des specifischen Gewichtes schon Veranlassung, daß sie sich im Wasser erheben und forttreiben. Hieraus ergibt es sich, wie manche Ströme bei starkem Froste in sehr kurzer Zeit mit solchen Eismassen ganz bedeckt sein können, ohne daß man irgendwo eine Eisbildung im Strome selbst wahrnimmt, und ohne daß dieses Eis durch die Nebenflüsse zugeführt wird. Außer diesem losen Grundeise sind es aber auch noch große Eisschollen, welche hauptsächlich zu Eisstopfungen Veranlassung geben; es entstehen diese letztern in der Regel dadurch, daß bei höherem Wasserstande, wobei das ganze Stromthal überschwemmt wird, das Wasser über den Wiesengründen zur Seite des Bettes gefriert und alsdann noch ein weiteres Steigen des Wassers, etwa bei eintretendem Thauwetter, eintritt, wodurch die Eisdecke gehoben und in einzelnen Stücken vom Strome fortgeführt wird.

Wo eine verminderte Geschwindigkeit des Stromes eintritt, sammelt sich das Eis stark an und bedeckt die Oberfläche so dicht, daß die Stückchen sich gegenseitig in ihrem Laufe hindern. Dieses verursacht eine Verminderung der Bewegung, wodurch sogleich das Gefrieren des Wassers befördert wird. Auf solche Weise

bildet sich stellenweise eine zusammenhängende Eisdecke quer über den Strom, welche durch die nachfolgenden Eismassen sich stromaufwärts weiter ausdehnt. Bei Stromengen, in starken Krümmungen und bei Brücken rc. setzt sich das Treibeis häufig fest und bildet einen Eisdamm, der das Wasser in die Höhe staut und zu Ueberschwemmungen Veranlassung gibt. Die Beseitigung eines solchen Dammes ist immer sehr schwierig, indem Sprengungen mit Pulver und Erschütterungen durch abgeschossene Kanonenkugeln nur von geringem Erfolge zu sein pflegen. Gewöhnlich bahnt sich der Strom selbst einen Durchgang, wodurch unterhalb der Wasserspiegel steigt, die Eismassen sich heben und fortschwimmen, oder es tritt eine wärmere Temperatur ein, wodurch das Eis zusammenschmilzt und mürbe wird.

Eine besondere Eigenschaft der nicht durch Eisstopfungen verursachten Hochwasser ist die, daß dieselben viel schneller entstehen als verschwinden. Die Ursache hiervon liegt in verschiedenen Umständen. Zunächst pflegt nach längerem schönen Wetter der Regen viel plötzlicher einzutreten, als umgekehrt nach diesem die heitere Witterung; ebenso tritt im Frühjahr die Temperaturzunahme der Luft ziemlich schnell ein, wodurch große Massen von Schnee und Eis schmelzen und ein plötzliches Steigen des Wassers in den Strömen veranlassen. Die Wassermenge, welche in dem einen und dem andern Falle dem Strome zugeführt wird, erfährt auf dem Wege dahin vielfache Verzögerungen; ein großer Theil bringt in den Boden und wird erst später durch Quellen wieder abgeführt, wogegen auch das Wasser, welches sich schon in den Betten der Bäche und Flüsse angesammelt hatte, beim Anschwellen derselben über die Ufer tritt, und hier entweder gar keine oder doch nur eine sehr schwache Bewegung annehmen kann, bis es endlich, wenn das Bett weniger angefüllt ist, wieder in dieses zurückfließt. Hierdurch wird offenbar auch das Anschwellen des Stromes etwas verzögert und es ergibt sich hieraus auch, daß die Anschwellungen der Hauptströme anfangs nur durch diejenige Wassermasse veranlaßt werden, welche ihnen sogleich zufließt, und der andere viel größere Theil der Niederschläge, sowie auch die Zuflüsse aus entferntern Gegenden erst später ankommen und eine nachhaltige Speisung bewirken. Aber auch der Wechsel des Gefälls, sowohl im Strome selbst, wie in den Zuflüssen, ist von wesentlichem Einflusse auf die schnelle Bewegung der Anschwellung und die späte Wiederkehr des frühern kleinen Wasserstandes. Diese Anschwellung bildet nämlich eine weit ausgedehnte Wasserwelle, die sich in der Richtung des Stromes fortbewegt; auf ihrer vorderen Abdachung ist das Gefälle stärker und auf ihrer hintern schwächer als das des Stromes in seinem Normalzustande. Der vordere Theil der Welle rückt daher schneller vor, als der hintere nachkommt und es muß sich dieselbe immer weiter nach hinten ausdehnen. Es folgt hieraus die Erscheinung, daß ohne Seitenzuflüsse die Höhe der Welle nach und nach abnehmen muß und ihre Fortbewegung mit abnehmender Geschwindigkeit erfolgt.

Aeußerst wichtig für den Strombau ist ferner insbesondere bei Hochwassern die Fortbewegung der Geschiebe. Steinstücke, Kies, Sand und feine Thontheile werden von dem strömenden Wasser auf der Sohle fortgerollt; je größer die Geschwindigkeit der Strömung ist, um so größer muß auch das Geschiebe sein,

welches die Sohle der Strombahn enthält. Da nun die Geschwindigkeit von dem Gefälle abhängt, so läßt sich wohl auch von der Beschaffenheit des Materials, welches die Sohle bildet, auf das Gefälle schließen. Die feinsten Geschiebe d. h. feiner Sand und Schlamm finden sich deßhalb meist an den Ausmündungen der Ströme in die See, woselbst auch große Materialablagerungen sich bilden, die den Lauf des Stromes allmählig verlängern.

Materialablagerungen werden sich in Strömen an allen solchen Stellen zeigen, wo die Geschwindigkeit des Wassers sich plötzlich vermindert, z. B. an Verbreiterungen und hinter gewissen Strombauten. Besonders werden solche auch an den Mündungen der Nebenflüsse vorkommen, wenn sie ein starkes Gefälle haben und viel Material dem Hauptstrom zuführen, dieser sie aber nicht mehr weiter bringt.

Legen sich Geschiebe an ein Ufer oder an irgend eine Stelle des Strombettes an, so heißt man dieß Verlandung. Gewöhnlich ist es eine Hauptaufgabe des Ingenieurs, an einem gegebenen Orte des Stromes eine Verlandung zu bewirken, denn wollte man einen wilden unregelmäßigen Strom rein durch Kunstbauten in einen regelmäßigen Kanal verwandeln, so würde dieß ein viel zu kostspieliges Unternehmen sein. Der Strom selbst muß durch einzelne Bauten veranlaßt werden, entweder gewisse Ufertheile wegzunehmen und seine Sohle zu vertiefen, oder neue Ufer durch Verlandung zu bilden und verlassene Stromarme mit Material auszufüllen. Der Ingenieur hat daher die Natur des Stromes zu studiren und hiernach seine Anordnungen in der Art zu treffen, daß die beabsichtigte Regulirung allmählig und sicher zu Stande kommt, ohne daß dabei der Kostenaufwand eine unverhältnißmäßige Höhe erreicht.

§. 18.

Hydrometrische Arbeiten.

Unter hydrometrischen Arbeiten oder hydrographischen Messungen verstehen wir die Operationen zur Erhebung der Zahlengrößen oder der graphischen Darstellungen, welche nöthig sind, um die Natur und die Wirkungen eines Stromes kennen zu lernen.

Diese Operationen sind folgende:

a. Aufnahme der Stromkarte;
b. Bestimmung des Stromstrichs oder Thalwegs;
c. Erhebung der Wasserstände;
d. Aufnahme des Längenprofils des Stromes;
e. Aufnahme der Querprofile;
f. Bestimmung der Geschwindigkeiten;
g. Ermittlung der Wassermenge.

a. Aufnahme der Stromkarte.

Die Stromkarte im engern Sinne ist die Horizontalprojection des Stromes und seiner Umgebungen, wenigstens bis zu den Grenzen seines Ueberschwemmungs-

gebietes oder bis zu dem Rande der Hochgestade. Sie enthalten innerhalb dieser Grenzen alles topographische Detail, wovon besonders die alten Flußarme, Bäche und Nebenflüsse, Dämme, Wehre, Abschließungen, Uferdeckungen, Buhnen, Streichwerke, Schlickzäune, Uferbepflanzungen, Zugänge, Brücken, Schleusen, Leinpfade, Schiffsmühlen, Entwässerungs- oder Bewässerungs-Anlagen und Pegel wichtig sind. Auch die Beschaffenheit des Bodens soll man aus der Stromkarte entnehmen können, um zu wissen, aus welchem Material die der Schifffahrt hinderlichen Untiefen und die Ufer bestehen. Da die Wirkungen der Hochwasser verschieden sind, je nachdem sie über einen festen Rasen oder über aufgelockerten Ackerboden strömen, so darf auch die Bezeichnung der Kulturart nicht fehlen, und da die Anlage der Leinpfade, Durchstiche ꝛc. zum Ankauf von Gelände Veranlassung gibt, so sind auch die Grenzen zwischen den einzelnen Grundstücken, die Häuser von Ortschaften und Städten, welche im Ueberschwemmungsgebiet liegen, die Mühlen, Landungsplätze für die Schiffe, Lagerungsplätze ꝛc. genau aufzunehmen.

Für einen Uebersichtsplan genügt der Maßstab $\frac{1}{10000}$. Sollen aber die einzelnen Bauten sich in der Stromkarte deutlich darstellen und will man deren Längen hinreichend genau abmessen, so wählt man den Maßstab $\frac{1}{2000}$ bis $\frac{1}{5000}$.

Ueber die Art der Aufnahme bemerken wir nur, daß die wichtigsten Punkte trigonometrisch bestimmt sein müssen, und die Detailaufnahme sodann im Anschlusse an diese mit dem Meßtische und Distanzmesser oder der Boussole geschehen kann.

Die Darstellung der Karte muß für einen bestimmten Wasserstand bearbeitet sein, denn das Bild des Stromes ist für verschiedene Wasserstände sehr verschieden. Inseln bei niederem Wasser sind versenkte Bänke bei hohem; Gießen, die bei niederem Wasser trocken sind, führen oft große Wassermassen bei hohem Wasser ab. Gewöhnlich reducirt man den Wasserspiegel auf einen niederen Wasserstand, der ziemlich lange anhält, wo also der Strom im Beharrungszustande ist, und hat somit für die Aufnahme den besondern Vortheil, daß man viele zu bezeichnende Gegenstände leichter abmessen kann und sich auch die der Schifffahrt hinderlichen Stellen sicher zu erkennen geben. Der gewählte Wasserstand ist auf der Karte nach dem nächsten Pegelstand zu bezeichnen.

Da der Strom während der Aufnahme verschiedene Wasserstände haben kann, so ist die Reduction auf einen Wasserstand in manchen Fällen sehr schwierig, und man hilft sich dann durch Beobachtungen des Stromes bei gleichen Wasserständen, durch Interpolationen der Wasserstände zwischen je 2 Pegeln und durch Vergleichung und Reduction der Querprofile. Am besten dürfte es sein, die Aufnahme etwa von Pegel zu Pegel vorzunehmen und vor Beginn derselben in der Zwischenstrecke kleine Pegel oder Peilmarken an dem Rande des Wasserspiegels zu errichten. An diesen läßt sich leicht jede Veränderung des Wasserstandes erkennen und darnach auch die Reduction vornehmen. Trifft es sich einmal zufällig, daß während der Aufnahme ein Hochwasser eintritt, so ist die Arbeit einige Zeit auszusetzen.

b. Bestimmung des Stromstrichs oder Thalwegs.

Der Thalweg ist wichtig: für die Schifffahrt, für den Strombau selbst und zuweilen auch als Grenze zwischen zwei verschiedenen Staaten. Oft läßt sich derselbe so leicht erkennen, daß man ihn fast ohne eine besondere Operation in die Stromkarte eintragen kann. Manchmal aber ist seine Lage sehr zweifelhaft, besonders wo das Bett sich in verschiedene Arme theilt, oder wo dasselbe sehr breit, oder auch, wo die Geschwindigkeit sehr klein geworden ist. Es versteht sich von selbst, daß die Bestimmung des Stromstrichs strenge genommen nur bei größern Flüssen stattfindet, und da der Thalweg als die Linie betrachtet werden kann, in welcher sich das Wasser mit der größten Geschwindigkeit bewegt, oder als jene, in welcher die größten Wassertiefen liegen, so ist auch die Methode der Aufnahme dadurch gegeben. Viele aufeinander folgende Querprofile geben die tiefsten Punkte, deren Lage man auf die Karte trägt und durch eine Curve verbindet.

Da sich in größern Strömen, besonders wo die Bette zerrissen sind, z. B. am Oberrhein, der Thalweg durch die periodischen Hochwasser verändert, so sollte die Richtung desselben alljährlich bestimmt werden.

c. Erhebung der Wasserstände.

Man kann nicht nur keinen Strombau, sondern überhaupt keine bauliche Anlage in dem Ueberschwemmungsgebiet eines Stromes vornehmen, ohne die Höhe der Wasserstände zu berücksichtigen. Schon die alltäglichen Bedürfnisse der Schifffahrt und der Kultur fordern Wasserstands-Beobachtungen und haben schon in frühesten Zeiten Veranlassung zu mehr oder minder zweckmäßigen Einrichtungen von Wasserstandsmessern gegeben.

In neuerer Zeit pflegt man an einem Strome von Bedeutung stets eine Reihe solcher Wasserstandsmesser oder fester Skalen, welche man Pegel oder Peile nennt, aufzustellen, damit man die Wasserstände an verschiedenen Punkten vergleichen und die Wirkung der Zuflüsse erkennen kann.

Ein Pegel besteht gewöhnlich nur in einer Latte aus Holz oder Gußeisen, welche in Fuße und Zolle eingetheilt und entweder an eine Mauer oder an einen eingerammten Pfahl so befestigt ist, daß sie vor Beschädigungen möglichst gesichert und leicht zugänglich bleibt, damit man den jedesmaligen Wasserstand scharf ablesen kann.

Im Allgemeinen sollten die Pegel überall da aufgestellt werden, wo entweder das Gefälle oder die Gestalt des Querschnitts sich merklich ändern, sodann da, wo ein Zufluß eintritt.

Die Eintheilung des Pegels muß sich mindestens vom niedrigsten bis zum höchsten Wasserstand erstrecken, muß ferner genau und deutlich sein. Bei den Pegeln am Rheine auf badischer Seite zählt man die Eintheilung der Skale von dem höchsten Wasser zum niedersten; fast überall aber findet das Gegentheil statt und man zählt von unten nach oben, was auch viel angemessener erscheint, indem mit dem Steigen der Zahlen auch das Wasser steigt und umgekehrt. Die Wahl des Nullpunktes ist ziemlich willkürlich, nur soll man ihn stets unter das kleinste Wasser legen, z. B. 0·6 Mtr. unter den bekannten niedersten Stand,

damit es keine negativen Ablesungen gibt. Sollen mehrere Pegel neu eingerichtet werden, so stellt man sie so auf, daß sie bei kleinem Wasser correspondiren. Eine besondere Sorgfalt in dieser Beziehung ist aber ohne Zweck, da die Uebereinstimmung doch nicht dauernd ist.

Um die Höhen der Nullpunkte von Zeit zu Zeit controliren zu können, werden sie durch ein Nivellement mit hinreichend vielen Fixpunkten verbunden. Wo Pegel neben Schiffsschleusen errichtet werden, erscheint es zweckmäßig, dieselben mit den Drempeln in Verbindung zu bringen. Im Preußischen besteht die Vorschrift, daß beide Pegel, nämlich eben sowohl der im Oberwasser, wie der im Unterwasser, ihre Nullpunkte in demselben Horizont, 2 Fuß unter dem kleinsten Unterwasser, haben sollen, damit das Gefälle sich gleich aus der Differenz der beiden abgelegenen Wasserstände ergibt.

An den Hauptpegeln wird der Wasserstand täglich einmal beobachtet. Diese Beobachtungen sollen in derselben Tageszeit vorgenommen werden, damit sich der mittlere Wasserstand aus dem arithmetischen Mittel richtig ergibt. Die Resultate werden in die Pegelbücher eingetragen, welche auch in einer besondern Columne die Zeit und den Stand außerordentlicher Hochwasser und der Eisgänge enthalten müssen.

Außer diesen Pegelbüchern pflegt man auch noch Wasserstands-Skalen graphisch darzustellen. Es sind dieß Curven, für welche die Zeiten die Abscissen und die beobachteten Wasserstände die Ordinaten sind. Sie geben den Wechsel des Wasserstandes sehr übersichtlich zu erkennen, wenn sie in größerem Maßstabe gezeichnet wurden, und sollten daher bei Stromregulirungsprojekten immer zu Grunde gelegt werden.

d. Aufnahme des Längenprofils des Stromes.

Noch wichtiger wie die Stromkarten sind für die Arbeiten an einem Strome die Nivellements. Dieselben sind aber, sollen sie zur richtigen Beurtheilung der Stromverhältnisse dienen, entweder auf den ganzen Strom, oder doch wenigstens auf diejenige Strecke desselben auszudehnen, welche durch die Regulirung möglicherweise betroffen wird. Die Ausführung des Nivellements pflegt in der früher angedeuteten Weise (I. Theil §. 165) zu geschehen, und bemerken wir nur, daß es absolut nöthig ist, möglichst viele feste Punkte, die mit dem Strome in Beziehung stehen, z. B. die Nullpunkte der Pegel, Schleusendrempel, Fachbäume, Wehrrücken &c. in das Nivellement aufzunehmen, und außerdem noch in Entfernungen von etwa 300 Meter längs dem Strome Steine zu setzen, die als weitere feste Punkte dienen können. Sollten solche Steine durch ein Hochwasser oder einen Eisgang in ihrer Lage verändert worden sein, so sind sie wieder durch ein Nivellement, welches von dem nächsten Pegel ausgeht, in ihre alte Höhe zu setzen.

Die Nivellirung der Bordlinie und des Stromstrichs oder der Sohle hat demnach keine Schwierigkeiten, wollte man aber für die Eintragung des Wasserspiegels ebenfalls nach der gewöhnlichen Methode verfahren und die Nivellirlatte jedesmal gleich am Rande des Stromes aufstellen, so würde man, wenn nicht gerade zufällig der Strom im Beharrungszustande wäre, alle Verände-

rungen des Wasserstandes, die während dieser Zeit vorkommen, mit einführen und dadurch die Arbeit unbrauchbar machen.

Hiernach ist es erforderlich, daß für die Nivellirung des Stromes eine Zeit gewählt werde, in welcher derselbe möglichst gleich bleibt, sich also im Beharrungszustande befindet, und es kann diese Zeit am besten aus den Pegelbüchern entnommen werden.

Außerdem ist es nöthig, daß ziemlich gleichzeitig neben jedem einzelnen Markstein (alle 300 Mtr.) der Wasserstand beobachtet werde, zu welchem Behufe man am Rande des Stromes Pfähle einschlägt und die Höhen der Pfahlköpfe über dem Wasserspiegel durch zuverläßige Leute beobachten läßt. Diese Beobachtungen geschehen am besten an dem gleichen Tage, an welchem das Nivellement gemacht wird, und zwar nur auf eine kurze Strecke, etwa von Hauptpegel zu Hauptpegel, in welcher sämmtliche Wasserstandsbeobachtungen durch einen Mann in 2 oder 3 Stunden gemacht werden können. Ist diese Strecke nivellirt, so werden die Wasserstandsbeobachtungen den nächsten Tag weiter fortgesetzt; eine etwaige Senkung oder ein Steigen des Wasserspiegels wird durch den Stand des letzten Hauptpegels angegeben, und es kann somit später eine Reduction der abgelesenen Höhen auf einen bestimmten Wasserstand vorgenommen werden.

An den sämmtlichen Hauptpegeln in der ganzen Stromstrecke werden während der Zeit, wo man die Wasserstände beobachtet, von Stunde zu Stunde die Wasserhöhen abgelesen und aufnotirt, damit man sich überzeugen kann, ob der Beharrungszustand auch wirklich stattgefunden habe.

Bei der Nivellirung kleinerer Flüsse oder Bäche, welche keine Pegel haben, sind vor Beginn der Arbeit in Entfernungen von etwa 150 Mtr. Pfähle an den Rand des Wasserspiegels zu schlagen, damit man an diesen den Wasserstand beobachten kann. Man wird sich aber das Nivellement durch Hauptpfähle in Strecken abtheilen, welche immer an demselben Tag nivellirt werden können, an welchem man die Wasserstandsbeobachtungen gemacht hat. Die Resultate des Nivellements werden in ein Journal eingetragen und auf einen gemeinschaftlichen Horizont bezogen. Bei dem Auftragen des Nivellements nimmt man für die Längen den Maßstab der Stromkarte, dagegen für die Höhen einen 10 bis 20 mal und größern Maßstab, damit noch kleine Gefälle mit dem Zirkel richtig abgemessen werden können.

c. Aufnahme der Querprofile.

Das Querprofil eines Stromes ist der Schnitt desselben mit einer senkrechten Ebene, welche unter einem rechten Winkel zu der Richtung des Stromstrichs steht.

Ein Querprofil, welches die Gestalt und die Verhältnisse des Flußbettes klar darstellen soll, darf nicht allein dieses enthalten, sondern muß so weit ausgedehnt werden, als sich die unmittelbare Wirkung des Flusses erstreckt oder erstrecken kann, folglich sollte es über das ganze Ueberschwemmungsgebiet reichen.

Die Punkte, an welchen man Querprofile aufnimmt, sind stets auch Punkte des Längenprofils, und es läßt sich die Richtung der ersteren immer leicht mit Hilfe einer Kreuzscheibe oder eines Winkelinstruments bestimmen und durch einige

Signale festlegen. Die Hauptschwierigkeiten bei der Aufnahme eines Stromprofils werden sich bei den Tiefenmessungen und bei der Bestimmung derjenigen Punkte des Profils herausstellen, an welchen die Tiefen gemessen wurden. So lange die Wassertiefe nicht bedeutend ist, mißt man dieselbe mittelst einer eingetheilten Latte oder einer Peilstange. Eine solche Stange wird am besten rund gehobelt und mit deutlichen Theilstrichen versehen, die rings herumgehen, damit sie von allen Seiten sichtbar sind. Ihre Länge richtet sich nach der größten Tiefe. Wird die Tiefenmessung in einem sehr weichen Boden vorgenommen, so bringt die Stange zu leicht in den Grund ein; um in diesem Falle sicherer zu messen, pflegt man den Eisenbeschlag der Stange mit einer eisernen Scheibe von etwa 9 bis 12 Centim. Durchmesser zu versehen.

Hat man Tiefen von 6 bis 12 Mtr. zu messen, was z. B. beim Rheinstrom vorkommt, so muß die Peilstange natürlich die angemessene Länge und Stärke haben, und damit sie von dem Strome nicht so sehr von der Vertikalen abgelenkt wird, läßt man sie an ihrem untern Ende auf 3 bis 6 Decimeter Länge aus Eisen bestehen.

Da das Sondiren gewöhnlich von einem Nachen aus geschieht, so stellt man bei starker Strömung die Stange schräge, und zwar in der Richtung herab, von wo das Wasser gegen den Nachen strömt: diese Strömung faßt die Stange und bringt sie in die lothrechte Stellung. Der Arbeiter muß aber die Neigung der Stange so wählen, daß sie gerade beim Berühren des Grundes den lothrechten Stand einnimmt, und eben in dieser Zeit muß die Ablesung erfolgen. Bei sehr großer Wassertiefe und geringer Strömung bedient man sich besser des Loths zur Ermittlung der Tiefen. Es ist dieß ein Cylinder von Blei oder Gußeisen, welcher an einer Leine hängt, die mit eingebundenen Lederstreifchen versehen ist, an welchen man die Einsenkung des Loths oder die Tiefe des Wassers beobachtet. Das Gewicht des Loths beträgt bei Flüssen zwischen 2,5 und 10 Kilogr., in der offenen See oft 25 Kilogr.

Zur Bestimmung derjenigen Stellen des Profils, wo die Messung angestellt wurde, hat man verschiedene Wege eingeschlagen. Der einfachste Weg dürfte wohl immer der sein, wobei man eine in Oel gesottene und mit Wachs überstrichene Leine, die vorher stark angezogen wurde, von einem Ufer nach dem andern spannt und durch eingebundene Lederstreifen die Abstände von 3 zu 3 Mtr. darauf bezeichnet. Man kann alsdann einen kleinen Nachen quer über den Strom gehen lassen, denselben entweder an der Leine selbst halten oder durch besondere Taue, die am Ufer oder einem Anker befestigt sind, gegen die Strömung unterstützen und jedesmal an einem Lederstreifen die Tiefenmessung vornehmen.

Bei zu großer Breite des Stromes wird es jedoch nicht immer angehen, eine Leine zu spannen und man wird alsdann seine Zuflucht zu folgender Methode nehmen müssen: Fig. 1, Taf. V., zeigt die hierbei getroffene Anordnung. Durch die beiden Signale m und n ist die Richtung des zu messenden Profils pm gegeben; die beiden Signale r und s bezeichnen aber in der Linie pm den Punkt p, und der Punkt t wird bestimmt, sobald man die letzten Signale auf die

vorher abgesteckten Punkte u und v aufstellt; ebenso werden durch Fortsetzung dieses Verfahrens die Punkte w und x bezeichnet.

Statt den beweglichen Signalen r und s kann man auch ein hohes Signal o aufstellen, dessen Entfernung a von der Profillinie gemessen wurde. Man mißt von dem Nachen aus die Winkel α, α^1 ꝛc., Fig. 2, so hat man da mo senkrecht auf pn, die Entfernungen $pm = a \tang (90 - \alpha)$; $qm = a \tang (90 - \alpha^1)$ ꝛc.

Zur Messung der Breite eines Flusses hat man noch folgende andere Methoden:

1) Man nehme die Punkte B und C an und fälle 2 Perpendikel BD und und CE, Fig. 3. Durch den angenommenen Punkt D und den Punkt A schneide man durch Rückwärtseinvisiren den Punkt E ab, so hat man $AB : BD = AB + BC : CE$,

$$AB = \frac{BD \,.\, BC}{CE - BD}$$

2) In der verlängerten Richtung, in welcher die Breite des Flusses gemessen werden soll, wähle man einen Punkt D, Fig. 4, trage an denselben unter beliebiger Richtung die Gerade DC, verlängere diese und mache $Cd = CD$. In der Linie AD wähle man einen zweiten Punkt B, lege durch diesen und den Punkt C die Gerade BC, verlängere sie bis b, so daß $Cb = BC$ ist. Durch die beiden Punkte d und b bestimme man den Durchschnittspunkt a der Geraden AC und db, beziehungsweise deren Verlängerungen, und messe die Linie ba, so hat man wegen der Congruenz der Dreiecke abC und ABC, $ab = AB$, folglich Breite des Flusses $AJ = ab - BJ$.

3) In der Verlängerung der Breitenlinie AJ wähle man einen Punkt B (Fig. 4 a), in demselben errichte man die Gerade BC senkrecht auf jene AB, verlängere dieselbe und mache $CB' = CB$. In B' errichte man auf BB' die Senkrechte B'A' und bestimme den Durchschnittspunkt A' derselben mit der durch A und C gehenden Geraden AA', so ist $A'B' = AB$, folglich Breite des Flusses $= AJ = A'B' - BJ$.

4) Man stecke nahe am Ufer die Linie BD, Fig. 5, aus, welche zur Richtung, in welcher die Breite gemessen werden soll, senkrecht ist. Aus dem Punkt D stecke man einen rechten Winkel ab, dessen einer Schenkel DA, und verlängere den andern Schenkel bis C, so hat man die Breite des Flusses

$$= AJ = \frac{\overline{BD}^2}{BC} - BJ.$$

5) Man bezeichne in der verlängerten Richtung der zu messenden Flußbreite 2 beliebige Punkte B und C, Fig. 6, wovon der erste so nahe als möglich am Ufer genommen wird. Außerhalb dieser Linie bestimmt man einen andern ebenfalls beliebigen Punkt D, welcher jedoch nicht zu nahe an derselben liegen soll. In der Linie CD bestimmt man einen Punkt E, von welchem die Visirlinie nach A und deren Durchschnittspunkt F mit der Linie BD bestimmt wird. Ist dieß ge-

schehen, so messe man die betreffenden Linien und man hat nach einem bekannten Satze der Geometrie: Breite des Flusses

$$= AJ = \frac{BC \times ED \times BF}{DF \times CE - ED \times BF} - BJ.$$

f. Bestimmung der Geschwindigkeit des fließenden Wassers.

Die Geschwindigkeit des Wassers in einem Flusse oder Strome ist in mehrfacher Beziehung für den Hydrotekten von Wichtigkeit. Nicht allein die Uferbauten, sondern auch alle andern im Strombette selbst anzulegenden Bauwerke sind von der Stärke der Strömung oder von der Geschwindigkeit abhängig; die Wassermenge der Flüsse kann nur dann sicher bestimmt werden, wenn man ihre Geschwindigkeiten kennt, und es lassen sich die Gesetze der Bewegung des Wassers in Flußbetten überhaupt nur aus Geschwindigkeitsbeobachtungen ergründen; auf den Betrieb der Schifffahrt hat die Geschwindigkeit oft einen unmittelbaren Einfluß.

Die Verfahrungsarten und Instrumente zur Messung der Geschwindigkeit sind verschieden und sollen in dem Folgenden näher beschrieben werden.

Sehr einfach ist die Verfahrungsart mit irgend einem schwimmenden Körper, welchen man frei in dem Strome treiben läßt. Wenn auch ein größeres Schiff stets eine etwas größere Geschwindigkeit als das strömende Wasser annimmt, so unterliegt es doch keinem Zweifel, daß kleinere schwimmende Körper genau die Geschwindigkeit des Wassers an der Oberfläche angeben. Hat man daher in einer geraden und ziemlich regelmäßigen Stromstrecke eine Messung zu machen, so stecke man 2 Profile in solcher Entfernung von einander aus, daß der schwimmende Körper etwa 2 bis 3 Minuten gebraucht, um aus einer Linie in die andere zu gelangen. Nun läßt man in einiger Entfernung oberhalb des ersten Profils den schwimmenden Körper, z. B. ein Stückchen Holz, eine Flasche oder eine hohle Blechkugel in's Wasser und beobachtet die Zeit des Durchgangs am zweiten Profil. Ist die Entfernung der Profile $= l$, die gefundene Zeit $= t$ Sec., so ist die Geschwindigkeit des Wassers $= \frac{l}{t}$.

Der schwimmende Körper darf nicht weit über die Oberfläche des Wassers vorragen und besonders keine große Fläche dem Winde darbieten, weil man sonst nicht mehr die Wirkung der Strömung allein beobachten würde; auch ist es nicht zweckmäßig, den Körper von einem Ufer oder Nachen aus an einem Faden zu halten und dadurch seine Annäherung an den Stromstrich zu verhindern, weil dadurch leicht Störungen möglich sind. Obwohl die Form des schwimmenden Körpers ziemlich gleichgültig ist, so wählt man doch vorzugsweise die Flasche oder die Kugel, Fig. 7, welch letztere am besten aus Messing- oder Kupferblech besteht; sie erhält einen Durchmesser von 0·12 bis 0·18 Mtr. und ist mit einer Oeffnung versehen, in welche man einen Kork stecken kann. Diese Oeffnung dient dazu, die erforderliche Beschwerung anzubringen, damit die Kugel nur etwa mit dem zehnten Theil ihres Durchmessers über das Wasser hervorragt. Gewöhnlich nimmt man Schrot.

Um die Kugel zur Messung der Geschwindigkeit in einer gewissen Tiefe unter dem Wasserspiegel benützen zu können, kann man sie, wie Fig. 8 zeigt, durch einen

Faden mit einer zweiten Kugel verbinden. Die große Kugel wird so beschwert, daß sie ganz untersinkt und die kleine Kugel so weit herabzieht, daß diese dem Einflusse des Windes entzogen wird. Insofern die untere Kugel viel größer angenommen ist, wie die obere, so nimmt auch der ganze Apparat ungefähr die Geschwindigkeit an, die das Wasser in derjenigen Tiefe hat, welche der untern Kugel entspricht.

Wenn man die Geschwindigkeitsmessungen Behufs der Ermittlung der Wassermenge anstellt, so kommt es darauf an, das arithmetische Mittel aus allen Geschwindigkeiten zu finden, welche in demselben Querschnitte von dem Wasserspiegel abwärts in gleichen Abständen bis zur Sohle des Flusses vorkommen. Eine solche wiederholte Messung in verschiedenen Tiefen ist immer sehr zeitraubend, und es hat deßhalb Cabeo einen hohlen schwimmenden Stab angewandt, der diese mittlere Geschwindigkeit direct angibt; man nennt ihn den Cabeo'schen Stab, Fig. 9. Er besteht aus einer cylindrischen Röhre aus Blech, die in Fuße eingetheilt und unten mit einem gut schließenden Deckel versehen ist; man belastet sie durch Schrote so stark, daß sie bis gegen die Sohle des Flusses herabreicht, dabei aber immer noch einige Centimeter über dem Wasserspiegel hervorragt.

Insofern der Stab von sämmtlichen Wassergeschwindigkeiten in seiner ganzen Tiefe getroffen wird, nimmt er selbst die mittlere Geschwindigkeit an; man hat nur darauf zu achten, daß während der Bewegung eine Berührung mit dem Grunde vermieden wird. Krayenhoff hat dem Stab oben eine Korkscheibe gegeben, damit er sich weniger neigen solle; indem hierdurch den Wassertheilchen an der Oberfläche eine größere Stoßfläche dargeboten wird, als den übrigen in der gleichen Sektion, so nimmt der Stab nicht die mittlere, sondern nahezu die Geschwindigkeit an der Oberfläche an, weßhalb es wohl vorzuziehen ist, diese Korkscheibe wegzulassen.

Ein weiteres Instrument zur Messung der Geschwindigkeit des Wassers ist das hydrometrische Rad, Fig. 10. Es besteht aus einer Achse, woran eine Scheibe befestigt ist, die an ihrem Umfange eine Reihe von Schaufeln trägt; dieselben sind unter sich zur Seite noch durch 2 Reife verbunden, die überdieß noch verhindern, daß nicht etwa der Faden, der die Anzahl der Umdrehungen angibt, von den Schaufeln gefaßt werden kann. Neben dem Rade befindet sich auf derselben Achse eine kleine Trommel, an welcher der erwähnte Faden befestigt ist. Man läßt das Rädchen während einer bestimmten Zeit in das Wasser eintauchen, und wenn man es alsdann herauszieht, so zählt man die Windungen des Fadens auf der Trommel. Ist z. B. der Radius bis an den Mittelpunkt der Schaufeln = r, die Anzahl Umdrehungen = n, die Zeit = t Sec., so hat man die Geschwindigkeit des Wassers aus der Proportion

$$t'' : 2\pi r \, . \, n = 1'' : x$$

$$x = \frac{2\pi r n}{t}$$

Da dieser Apparat nur die Geschwindigkeit an der Oberfläche angibt, so ist seine Anwendung selten. Um ihn für verschiedene Tiefen gebrauchen zu können, hat man das Rad mit beweglichen Schaufeln versehen und dessen Achse vertikal gestellt; die Anzahl Umdrehungen zeigte ein Zählerwerk, welches in verschiedenen

Höhen angebracht werden konnte und durch eine eiserne senkrechte Stange mit der Radachse in Verbindung stand. Bei mehreren Geschwindigkeitsmessungen am Rheine hat sich dieser Apparat bei Tiefen bis zu 6 Mtr. gut bewährt.

Am meisten Anwendung findet überhaupt der hydrometrische Flügel von Woltmann. Derselbe gestattet die Messung in verschiedenen Tiefen, ist sehr leicht zu transportiren und gibt genaue Resultate.

Die Fig. 11, 12, 13 und 14, Taf. V., zeigen die Construction eines Flügels nach dem neuesten System. Eine kleine Turbine A mit 4 gewundenen Schaufeln aus dünnem Messingblech sitzt an der Welle a, welche eine Schraube ohne Ende trägt. Diese Schraube greift, wenn man beobachten will, in ein Zahnrädchen b mit 100 Zähnen; auf der Achse dieses letztern sitzt ein Getriebe c mit 10 Zähnen, welches wieder in ein Zahnrädchen d mit 100 Zähnen eingreift. Beide Zahnrädchen sind mit einer Theilung versehen, und wenn das erstere eine Umdrehung macht, also die Welle sich 100mal umgedreht hat, so macht das letztere nur $\frac{1}{10}$ Umdrehung. Ist daher ersteres von 0 oder 100 auf 30 und letzteres von 0 oder 1000 über 200 hinaus gekommen, so bedeutet dieß 230 Umdrehungen. Aeußerst sinnreich ist aber hier die Art und Weise, wie das Rädchen b mit der Schraube ohne Ende in und wieder außer Eingriff gesetzt wird. Beides geschieht auf gleiche Art, nämlich durch einen raschen Zug an einem Faden, der an dem Hebelsarme e bei f, Fig. 11 und 13, befestigt ist. Der Hebel e sitzt frei auf der Achse ss und wird durch eine Spiralfeder s′ immer in der gleichen Stellung erhalten. Wird nun der Faden angezogen, so schiebt der Sperrhaken h, welcher durch die Feder k und den Stift i immer seine frühere Lage einzunehmen sucht, einen Zahn des Sperrrades m vor. Dieses Sperrrad sitzt aber mit dem tief eingekerbten Rädchen n auf einer Hülse, es kommt daher der Zahn q an dem Achsenträger p, welcher durch die Feder y stets herabgedrückt wird, einmal auf einen Zahn hinauf, das nächstemal zwischen 2 Zähne hinab, dann wieder hinauf u. s. f. In der Lage, Fig. 14, ist das Rädchen b im Eingriff, in der Lage, Fig. 14 a, ist es außer Eingriff gezeichnet. Damit sich das Instrument stets in die Strömung stellt, ist in der Verlängerung der Achse a ein Flügel F angebracht, welcher aus 2 sich rechtwinklich kreuzenden Messingtäfelchen besteht. Die horizontale Drehung des Instruments geschieht dadurch, daß sich die messingene Hülse w, gegen welche der eiserne Stock r mit der Druckschraube x angedrückt wird, um die feste Hülse v drehen kann; die vertikale Drehung erfolgt um die 2 Stifte t, t Fig. 12, sobald der Durchsteckstift S herausgezogen ist.

Die Vortheile dieser Construction sind einleuchtend und bestehen hauptsächlich darin, daß mit dem Aus- und Einrücken kein Fehler vorgehen kann, und man die Sicherheit hat, daß der Eingriff wirklich stattfindet, was bei den gewöhnlichen Constructionen nicht der Fall ist; sodann, daß die Turbine sich von selbst genau gegen die Strömung stellt und nicht die mindeste Störung im Wasser verursacht.

Will man nun beobachten und ist alles vorbereitet, d. i. der Flügel an einer Stange in den Strom eingetaucht und die Sekundenuhr gerichtet, so zieht man nur an einem Faden den Bügel e rasch in die Höhe und setzt somit das Rädchen b mit der Schraube in Eingriff. Ist z. B. eine Minute verflossen, so zieht

man abermals, um wieder auszulösen, den Faden rasch an, nimmt das Instrument heraus und sieht, wie viel Umdrehungen die Flügelwelle gemacht hat. Ist ihre Anzahl = n, der Werth einer Umdrehung = k, so hat man die Geschwindigkeit des Wassers

$$\frac{nk}{60}$$

Zunächst entsteht nun die Frage, wie man den Werth von k d. h. die Länge des Wassercylinders finden kann, welcher einer Umdrehung entspricht. Woltman empfiehlt zu diesem Zwecke, den Flügel an einer Stange zu befestigen und ihn in stehendem Wasser eine gewisse Strecke hindurch, etwa 60 Meter zu bewegen. Die auf dem Ufer gemessene Länge dieses Weges, dividirt durch die Anzahl der Umdrehungen, gibt den gesuchten Werth jeder Umdrehung. Für den Fall, daß man diesen Versuch nicht machen kann, sich etwa kein stilles Wasser vorfindet, schlägt Hagen für den gewöhnlichen Flügel mit 2 oder 4 Flügelruthen folgendes Verfahren vor: Man zieht nämlich auf Papier eine gerade Linie und richtet die Flügelwelle genau darüber; nun stellt man die Flügelruthe senkrecht und verschiebt ein Lineal unter dem Flügel so lange, bis es von oben gesehen mit der Fläche des letzteren zusammenfällt. Man dreht alsdann die nächste Ruthe nach oben und so fort und überzeugt sich dadurch, daß wirklich alle Flügel unter gleichem Winkel gegen die Drehungsebene geneigt sind. Dieser Winkel wird durch die Richtung des Lineals gegen die Linie bezeichnet, mit welcher die Achse parallel gestellt wurde. Aus diesem läßt sich leicht der Werth der einzelnen Umdrehung des Flügels herleiten, denn der Flügel ist wie eine Schraube zu betrachten, deren Steigung bei einer Umdrehung die gesuchte Länge des vorbeifließenden Wassercylinders gibt. Bedeutet α den gefundenen Winkel, r den Radius des Flügelrades gleich dem Abstande des Mittelpunktes eines Flügels vom Mittelpunkte der Achse, so hat man den Werth einer Umdrehung $2\pi r \sin \alpha$. Es ist hiernach sehr leicht, einen Flügel so einzurichten, daß seine Umdrehungen einen gewissen vorher bestimmten Werth haben.

Die Reibung der Flügelwelle, sowie auch die des Rades und der Schraube gegen das letztere ist im Vergleiche zu dem Stoße des Wassers so unbedeutend, daß man sie unberücksichtigt lassen kann. Stählerne feine Achsen sind daher überflüssig, es ist vielmehr am besten wegen des Rostens derselben, alle Theile des Instruments von Messing zu machen.

Die Aufstellung des Flügels geschieht auf verschiedene Weise; zuweilen befestigt man ihn an eine Stange, die von einem Steg oder einer Brücke oder auch von einem Nachen aus in das Wasser gehalten wird, zuweilen kann auch die Anordnung Fig. 15, 15 a und 15 b gewählt werden und ist dann die Stange np von Eisen mit der Einrichtung Fig. 17 zum Verlängern, und Fig. 16 zur Führung des Fadens. In beiden Fällen hat man darauf zu achten, daß die Achse der Flügelwelle immer genau dem Strome zugekehrt ist. In dieser Beziehung empfiehlt sich die neue Einrichtung mit dem Flügel am hintern Ende des Instruments und mit der Drehung desselben um eine horizontale Achse.

Außer diesen beschriebenen Instrumenten hat man noch solche, welche den Stoß messen, den das Wasser auf eine gewisse Fläche ausübt. Wir erwähnen zuerst die hydraulische Schnellwaage von Michelotti, deren Einrichtung und Gebrauch aus der Zeichnung Fig. 19 hinreichend erklärt ist. Häufigere Anwendung als diese Schnellwaage hat der Stromquadrant, Fig. 18, gefunden, dessen Gebrauch namentlich zur Messung der Geschwindigkeiten in der Nähe der Oberfläche bequem ist. Derselbe besteht aus einem Quadranten von Holz oder Messing, in dessen Centrum ein Loth und eine an einem Faden hängende Kugel von Elfenbein oder Messingblech befestigt ist. Nimmt man an, daß der Stoß dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional sei, so findet man leicht, daß diese Geschwindigkeit wieder der Quadratwurzel aus der Tangente des Winkels, den der Faden mit dem Lothe bildet, proportional sein muß. Unter dieser Voraussetzung darf man nur eine Beobachtung anstellen, um den constanten Faktor zu finden, und wenn dieser bekannt ist, läßt sich leicht aus jeder beobachteten Neigung des Fadens die zugehörige Geschwindigkeit berechnen. Es sei z. B. q das Gewicht der Kugel im Wasser, α der Neigungswinkel, v die Geschwindigkeit des Wassers, so hat man:

$$q \tang \alpha = m\ v^2$$

$$\text{und } v = \sqrt{\frac{q}{m} \tang \alpha} \text{ oder } = \varphi \sqrt{\tang \alpha}$$

Durch einen Versuch ergibt sich $\varphi = \frac{v'}{\tang \alpha_1}$, also ist für den beobachteten Winkel α

$$v = \left[\frac{v'}{\tang \alpha_1}\right] \cdot \sqrt{\tang \alpha}$$

Ein weiteres Instrument ist die Pitot'sche Röhre, welche hauptsächlich in Frankreich viel benutzt wurde. Es ist dieß eine einfache Glasröhre mit einer Scale, welche an ihrem unteren Ende rechtwinklich umgebogen und trichterförmig erweitert ist. Will man beobachten, so bringt man diese Röhre in das Wasser, so daß die Trichtermündung gegen die Strömung gerichtet ist, und bemerkt die Höhe des Wasserspiegels in der Röhre und außerhalb derselben. Findet man die Höhendifferenz = h, so ist die Geschwindigkeit des Wassers gleich $\sqrt{2gh}$.

So einfach und schön dieses Instrument erscheint, so hat es doch bedeutende Mängel, insofern die Ablesung sehr schwierig und der Gebrauch in heftiger Strömung fast unmöglich ist. Reichenbach verbesserte es wesentlich, indem er neben die Röhre mit dem Trichter noch eine zweite, unten offene, ebenfalls getheilte, ganz gerade Röhre befestigte, Fig. 20, und beide Röhren unten mit Hahnen versah, die gleichzeitig durch Aufziehen an einem dünnen Stäbchen oder an einem Faden geschlossen werden können. Bei dem Gebrauche werden zuerst die Hahnen geöffnet, das Wasser stellt sich in beide Röhren hinein, man schließt die Hahnen und nimmt das Instrument aus dem Wasser, so ist die Ablesung sehr leicht. Um aus den abgelesenen Höhen gleich die Geschwindigkeiten entnehmen zu können, rechnet man sich am besten eine kleine Tabelle.

Am praktischsten von allen erwähnten Instrumenten ist der Woltman'sche Flügel, daher seine Anwendung fast allgemein.

g. Ermittlung der Wassermenge.

Aus den an verschiedenen Stellen desselben Querprofils eines Flusses angestellten Geschwindigkeitsmessungen kann man die mittlere Geschwindigkeit und durch Multiplication dieser mit dem Inhalt des Profils die durchfließende Wassermenge bestimmen. Ist nämlich die mittlere Geschwindigkeit = v, der Inhalt des Profils = a, so ist die Wassermenge $M = a \cdot v$.

Wenn die Geschwindigkeiten an vielen Punkten eines Profils, die gleichmäßig vertheilt liegen, gemessen wurden, so ist die mittlere Geschwindigkeit das arithmetische Mittel derselben. In der Regel pflegt man das Flußprofil in einzelne Theile abzutheilen und für jeden Theil die mittlere Geschwindigkeit besonders zu bestimmen, indem man in einer Perpendikulären, welche durch die Mitte des betreffenden Theils geht, mehrere Geschwindigkeiten mißt. Hierbei darf man nur dann das arithmetische Mittel nehmen, wenn die Beobachtungspunkte gleiche Abstände von einander haben; ist dieß nicht der Fall, so theilt man die ganze Länge des Perpendikels in so viele einzelne Theile, als Beobachtungen darin angestellt sind, und zwar wählt man die Eintheilung so, daß die Beobachtungspunkte möglichst in die Mitte der zugehörigen Theile treffen. Die mittlere Geschwindigkeit ergibt sich durch die Summe der Produkte der Geschwindigkeiten mit ihren zugehörigen Längen, dividirt durch die ganze Länge des Perpendikels. Sind die mittleren Geschwindigkeiten = v, v', v'' &c., die zugehörigen Inhalte = a, a', a'' &c., so ist die Wassermenge:

$$M = av + a'v' + a''v'' + \text{etc.}$$

Die mittlere Geschwindigkeit für das ganze Profil findet man

$$= \frac{M}{a + a' + a'' + \text{etc.}}$$

Sind in dem Profile, Fig. 21, Taf. V., in gleichen Abständen s, die Tiefen t, t', t'' &c. gemessen, so hat man den Inhalt desselben

$$A = a + a' + a'' + \text{etc.} = s\,\{t + t' + t'' + t''' + \text{etc.}\}$$

Hat man die mittleren Geschwindigkeiten an beliebigen Stellen des Profils gefunden, so kann man die Beobachtungspunkte in das Profil einzeichnen und dasselbe in so viele Theile zerlegen, als man Geschwindigkeiten hat. Die Summe der Produkte aus den Geschwindigkeiten in die Inhalte der betreffenden Theile gibt die ganze Wassermasse, welche in jeder Secunde abfließt.

Wurden die Geschwindigkeiten nur an verschiedenen Punkten der Oberfläche gemessen, so sind die mittleren Geschwindigkeiten 0,816 der beobachteten.

Die Geschwindigkeit an der Sohle des Flusses findet man, wenn

V die Geschwindigkeit an der Oberfläche,
v die mittlere Geschwindigkeit,
u die Geschwindigkeit an der Sohle

$$u = 2v - V$$

§. 19.

Bei einer Stromregulirung vorkommende Bauten und Anlagen.

a. Uferbefestigungen und Uferdeckwerke.

Um den guten Zustand eines Stromes für die Dauer zu sichern, genügt es nicht allein mit der Verbesserung des Stromlaufes oder der Sohle, sondern es müssen auch die Ufer sicher befestigt werden.

Es ist einleuchtend, daß solche Ufer am meisten gefährdet sind, welche den Strom von der geraden Richtung abzulenken haben und also auf der concaven Seite einer Krümmung liegen. Je schärfer die Krümmung ist, desto stärker werden die Wasserfäden gegen das Ufer anstoßen und desto schwieriger wird es sein, dasselbe zu erhalten, woher auch bei der Regulirung eines Stromes darauf gesehen werden soll, daß man regelmäßige Uferlinien einführt, welche von scharfen Krümmungen frei sind.

Nur an sehr langsamen Flüssen reicht die bloße Vergrößerung der Uferböschung und Bepflanzung mit Rasen oder Weidenstrauch hin, um sie zu beschützen, und namentlich geschieht dieses, wenn der Fuß des Ufers eine gehörige Abflachung nach dem Strome hat, so daß die größere Wassertiefe nicht unmittelbar neben dem Ufer sich befindet. Die Pflanzung schützt den darunter befindlichen Boden vor den nachtheiligen Wirkungen einer starken Strömung zur Zeit des Hochwassers und vor den Beschädigungen durch Eis und Wellenschlag. Sie mäßigt die Geschwindigkeit des Wassers und gibt dadurch Veranlassung, daß die im Wasser schwebenden Stoffe sich absetzen.

Die Pflanzung der Uferböschung wird aber nicht mehr genügen, wenn der Fuß derselben steil abgebrochen ist; sie wird zwar immerhin dem Ufer einigen Halt geben, aber den Abbruch wird sie nicht verhindern, und es müssen daher andere Mittel zur Deckung des Ufers ergriffen werden, die darin bestehen, daß man denjenigen Theil der Uferböschung, welcher unter dem Niederwasser liegt, mit Steinen oder Senkfaschinen belegt. Fig. 2, 3 und 4, Taf. VI. Diese Bedeckung muß so vollständig sein, daß bei einer Vergrößerung der Tiefe der Fuß der Uferböschung nicht leidet.

An ziemlich reißenden Flüssen, an welchen die Rasen- oder Strauchbepflanzung nicht mehr haltbar sein würde, kann man zu einem losen Steinwurfe seine Zuflucht nehmen. Man bedeckt das Ufer, welches in diesem Falle eine Böschung mit zweifacher Anlage hat, etwa 0·16 Meter hoch mit zerschlagenen Steinen, welche groß genug sind, um vom Wasser nicht fortgespült zu werden. Statt Schotter können auch Flußgeschiebe verwendet werden; sollten diese alsdann nicht schwer genug sein, so bestecke man vor dem Bewurf die ganze Böschung in der Art mit starken Weidensetzlingen, daß sich einzelne kleinere Felder bilden.

In Flandern und Holland pflegt man in den Fällen, wo die Ufer nur über dem Niederwasser abgebrochen sind, der untere Theil dagegen fest genug ist, den Faschinenbau im Trockenen in Anwendung zu bringen. Fig. 6 stellt denselben vor. Wenn die Ufer dagegen unter dem Niederwasser im Angriff sind, so wird zuerst ein schwimmender Bau, nach Art wie Fig. 7 zeigt, angelegt und auf diesen

folgt dann wieder der gewöhnliche Faschinenbau. Auch am Rheinstrom pflegt man die Ufer häufig provisorisch mit Faschinen zu schützen, wählt aber zur Deckung des untern Theils der Uferböschung eine doppelte Lage von Kies- oder Stein-Senkfaschinen und für den obern Theil eine gewöhnliche Berauhwehrung. Fig. 1. (S. 204 der Allg. Baukunde). Die Senkfaschinen haben hier den Vortheil, daß sie bei eintretender Vertiefung der Flußsohle nachrollen und den weitern Angriff des Fußes verhindern.

Sind die Steine verhältnißmäßig billig gegen Holz und Faschinen, so eignen sich diese in Form von Bruchsteinen sehr gut zur Deckung der Ufer und besonders für den Theil derselben, welcher abwechselnd naß und trocken wird. Während man den untern Theil des Ufers durch eine lose Steinschüttung deckt, pflegt man den obern mit Steinen abzupflastern, wobei diese Steine entweder in ihrer natürlichen Form belassen oder mit dem Hammer parallelepipedisch zugerichtet werden. Ersteres bildet entweder das sogenannte Mosaikpflaster oder ein Steingestück, wobei die Steine auf die hohe Kante eingerammt sind, und stellt sich bei gleicher Solidität ökonomisch vortheilhafter heraus als das regelmäßige Steinpflaster. Nicht immer wird man Steine in erforderlicher Größe und Anzahl beischaffen können, und in diesem Falle rechtfertigt sich alsdann ein zusammengesetzter Bau mit Faschinen und Steinen, wie solches durch die Fig. 3 angegeben ist.

Bei sehr reißenden Strömen müssen die Steine, welche man zu den Steinschüttungen verwendet, von hinreichend großem Gewichte sein, um vom Wasser nicht fortgespült zu werden. Finden sich diese nicht vor und sind sie nur mit großen Kosten beizubringen, so können dann keine andern, als aus Pfählen bestehende Deckwerke Anwendung finden. Die Fig. 5, Taf. VI., zeigt 2 verschiedene Constructionen, wie solche an größern Flüssen zur Ausführung kamen. Dabei hat man nur zu beobachten, daß sämmtliches Holzwerk unter das niedrigste Wasser kommt, also den Fuß der eigentlichen Uferböschung bildet.

b. Buhnen oder Einbaue.

Der Zweck der Stromregulirung besteht darin, das Bett und die Ufer so auszubilden und die Strömung so zu leiten und zusammenzuhalten, daß alle Unregelmäßigkeiten, welche der Abführung des Wassers und der Schifffahrt hinderlich waren, oder Uferabbrüche veranlassen, wegfallen. Dabei muß man aber stets von dem Grundsatz ausgehen, daß der Strom selbst mitwirkt, diesen Zweck zu erreichen, und namentlich seine Ufer so ausbildet, wie man es wünscht. Man benützt zu diesem Behufe die Strömung, um gewisse Theile des Bettes wegzutreiben, und sucht durch Einbaue oder Buhnen, welches in den Fluß hineinragende Bauwerke sind, diese Strömung zu verstärken und wieder allmählig zu schwächen, damit alsdann Angriff und Verlandung erfolgen soll. Diese letztere bedingt aber immer, daß das Wasser an diejenige Stelle, welche verlandet werden soll, freien Zutritt habe, damit es auch seine Geschiebe hinführen kann.

Der Hauptzweck der Buhnen ist also die allmählige Umgestaltung der Ufer und der Sohle. Daß dieser Zweck immer erreicht werde, muß wohl nach den neuesten Erfahrungen namentlich am Rheinstrome sehr bezweifelt werden. Die Buhnen,

welche man in Anwendung brachte, verursachten nur schädliche Wirkungen, sowohl auf die Ufer, wie auch auf die Sohle, und kosteten so viel Unterhaltung, daß man statt ihrer wohl ein Streichwerk hätte ausführen können; anstatt einzelnen festen Punkten der neuen Uferlinie hätte man die letztere ganz gehabt und wäre hinsichtlich der Wirkung vollständig sicher gewesen. Auch bei den kleineren Binnenflüssen Kinzig, Murg, Elz ꝛc., wo man die Buhnen zur Bildung von Vorländern anwenden wollte, hatte man ganz unbefriedigende Resultate.

Jeder Strom hat übrigens seine eigene Natur und erfordert daher seine eigene Behandlung, weßhalb auch Fälle denkbar sind, wo die Buhnen sich als vortheilhaft erweisen und die Uferbildung herbeiführen können, insbesondere wenn sie in größerer Anzahl hintereinander liegen und ihre gegenseitige Entfernung mit der Breite des Stromes im richtigen Verhältnisse steht. Eine etwas nähere Betrachtung der Buhnen darf deßhalb auch nicht umgangen werden.

Die Buhnen werden nach dem verschiedenen Zwecke, den sie herbeiführen sollen, verschieden benannt. Besonders in früherer Zeit machte man hierbei den wesentlichen Unterschied, daß man sie entweder als defensive oder als offensive Werke ansah, je nachdem sie nur als Schutzwerke dienten oder den Angriff des gegenüberliegenden Ufers bewirkten.

Gewöhnlich unterscheidet man folgende Arten von Buhnen:

1) Schutzbuhnen.

2) Fangbuhnen.

3) Treibbuhnen, sie heißen Rauschbuhnen, wenn ein starkes Gefälle zwischen je 2 einander gegenüberliegenden Buhnen sich bildet.

4) Schöpfbuhnen.

5) Trennungsbuhnen.

6) Sperrbuhnen oder Coupirungen.

Die Wirkungsart jeder eigentlichen Buhne als Schutz-, Fang- und Treibbuhne erklärt sich daraus, daß dieselbe bei kleinem Wasser einen Theil des Profils sperrt, die Wassermasse, welche früher das ganze Profil einnahm, ist gezwungen, durch die Verengung zu strömen und nimmt daher eine größere Geschwindigkeit an, wodurch ein verstärkter Angriff gegen das Bett und das gegenüberliegende Ufer stattfindet. Bei höhern Wasserständen werden die Buhnen überfluthet; die Materialien, welche der Strom mitführt, werden theils direct, theils durch die Widerströme hinter die Buhne geführt, wo sie sich da absetzen, wo immer wenig strömendes oder stilles Wasser ist.

Wenn somit durch diese Einbaue eine Vertiefung der Sohle und gleichzeitig eine Verlandung der Ufer hervorgebracht werden kann, so bedingt dieß aber auch, daß immer mehrere Buhnen in nicht zu großer Entfernung von einander angebracht sind und sich gegenseitig unterstützen, denn sonst ist die Wirkung nur eine gefährliche, indem sich an den Köpfen der Buhnen große Vertiefungen bilden und zwischen je zweien eine nachtheilige Stromkrümme entsteht, welche das Ufer angreift. Diese Entfernung der Buhnen ist keineswegs von ihrer Länge abhängig, vielmehr richtet sie sich hauptsächlich nach der Breite des Flusses und wechselt zwischen $1/3$ und $3/4$ der Strombreite.

Nach dieser kurzen Einleitung gehen wir zur nähern Darstellung der Richtung, des Zweckes und der Anwendung der verschiedenen Arten von Buhnen über.

Was die Richtung der Buhnen betrifft, so sind sie entweder 1) stromabwärts geneigt oder declinant; 2) senkrecht gegen die Richtung des Stromes; 3) stromaufwärts gekehrt oder inclinant. Fig. 8, 9 und 10, Taf. VI. Welche Richtung gerade die vortheilhafteste sei, ist keineswegs allgemein anerkannt, man hat noch nie unter ganz gleichen Umständen die 3 Arten von Buhnen an demselben Flusse gleichzeitig erbaut, um unmittelbar aus der Erfahrung ihre Vortheile und Nachtheile kennen zu lernen.

Die stromabwärts geneigten Buhnen leiten, besonders wenn sie sehr schräge vom Ufer abgehen, die Strömung bei kleinem Wasser am regelmäßigsten, dagegen ist die Ausbildung der Ufer sehr unregelmäßig und langsam vorschreitend, indem sich sehr wenig Material ablagert und dieses selbst durch die heftigen Widerströme von einem Anschlusse an das Ufer sowohl, wie an das vorhergehende und folgende Werk abgehalten wird. Das überstürzende Wasser greift am meisten das Ufer an.

Die stromaufwärts gerichteten Buhnen zeigen sich in Betreff der Bildung der Ufer viel wirksamer als die declinanten. Die Verlandung erfolgt rascher, da mehr Material in die Zwischenräume der Werke getrieben wird und auch das Wasser daselbst ruhiger ist. Das überstürzende Wasser trifft nicht wie bei den declinanten Buhnen das Ufer und verursacht daher auch keinen Abbruch. Dagegen sind sie für die Schifffahrt am gefährlichsten, indem die Schiffe sich leicht gegen den Kopf der Buhne werfen.

Die Wirkungen der senkrechten Buhnen fallen zwischen die der declinanten und inclinanten. Die Vertiefung am Kopfe ist am unbedeutendsten und in Bezug auf die Kosten der Anlage haben sie den Vortheil, daß sie die geringste Länge erfordern. Hieraus geht hervor, daß die inclinanten Buhnen für die Stromregulirung im Allgemeinen die günstigsten Wirkungen hervorbringen. Der Winkel, welchen sie machen, wechselt zwischen 60 und 72 Graden.

Hinsichtlich des Zweckes und der Anwendung der Buhnen bemerken wir nur kurz Folgendes:

ad 1. Schutzbuhnen. Diese sind dazu bestimmt, ein mit dem Abbruche bedrohtes Ufer zu bewahren. Ihr Kopf darf nie über die Normallinie hinausreichen, sondern soll eher gegen dieselbe zurückstehen. Meistens werden mehrere Buhnen in eine Reihe gestellt, und es ist alsdann ihre Entfernung so zu nehmen, daß keine nachtheilige Flußkrümme zwischen zweien entsteht. Bei kleineren Flüssen $^3/_4$ der Strombreite, größern $^1/_3$ derselben.

Die Höhe der Schutzbuhnen wird durch ihren Endzweck bestimmt, und dieser wird erreicht, wenn nur der Fuß des Ufers geschützt ist. Man legt sie daher nicht viel höher als das Mittelwasser, läßt sie aber immer wie alle Buhnen gegen den Kopf hin niedriger werden.

ad 2. Treibbuhnen, Sandbänke, Inseln und Untiefen in den Strömen sind sehr nachtheilig. Der Strom nimmt gerne eine unregelmäßige Richtung an,

bildet Krümmungen, deren Schädlichkeit mit ihrer Größe fortwährend zunimmt. Zur Entfernung solcher Hindernisse können Treibbuhnen angewendet werden. Durch sie wird der Strom auf seine Normalbreite zurückgebracht, das Wasser nimmt eine größere Geschwindigkeit an und versetzt somit die Sohle in Angriff. Fig. 13 zeigt eine solche Anordnung.

Die Wirkung der Treibbuhnen kann sehr befördert werden, wenn die Insel oder Sandbank mit einem Graben durchzogen und an der Oberfläche etwas aufgelockert und vom Rasen und Gesträuche befreit wird.

Die Abstände der Treibbuhnen sollen möglichst klein sein, damit bald eine Verlandung entsteht, die alsdann ihre Wirkung vergrößert. Zur Beförderung der Verlandung legt man Schlammfänge oder Schlickzäune an (§. 207 Allg. Baukunde). Da Treibbuhnen gewöhnlich nur bei hohem Wasser am wirksamsten sein können, so müssen sie bis auf Geländhöhe geführt werden, vorausgesetzt, daß diese sich etwa 1,5 Meter über Mittelwasser erhebt.

ad 3. Fangbuhnen. Ihr Zweck ist, das Ansetzen von trockenem Lande zwischen sich zu bewirken und auf diese Weise dem Ufer Vorland zu verschaffen. Insofern nun die Schutz- und Treibbuhnen auch noch den gleichen Zweck haben, sind sie ebenfalls Fangbuhnen. Man legt sie immer stromaufwärts und sucht ihre Wirkung durch Anlage von Schlammfängen zu vergrößern. Die Verlandung erfolgt um so rascher, je niedriger die Buhnen sind, daher man sie nur wenig über das Niederwasser legt. Ist die Verlandung bis zu dieser Höhe bewirkt, so erhöht man sie, wie auch die Schlammfänge.

ad 4. Schöpfbuhnen sind bestimmt, den Strom oder einen Theil desselben aufzufangen und nach einer andern Richtung zu leiten. Ihr Gebrauch findet statt bei Vertiefung und Erweiterung von Stromrinnen; für zweckmäßige Vertheilung des Wassers an Stromscheidungen und am gewöhnlichsten bei Durchstichen. Da die Schöpfbuhnen gewöhnlich dem heftigsten Anfallen des Stromes ausgesetzt sind, so müssen sie um so stärker gebaut werden, je größer die Strömung ist. Ihre Höhe muß ziemlich bedeutend sein, weil sie nur bei Hochwassern am meisten wirken können. Gewöhnlich führt man sie bis auf Geländehöhe. Bezüglich ihrer Richtung wäre nur zu erwähnen, daß die Schöpfbuhne die Stromrinne durchschneiden muß.

ad 5. Trennungsbuhnen. Sie werden am Vereinigungspunkte zweier Flüsse angewendet. Das Nähere darüber soll bei der Betrachtung der Stromspaltungen behandelt werden.

ad 6. Sperrbuhnen oder Abschließungen ganzer Flußarme. Bei größeren Regulirungen kommen derartige Bauten häufig vor, um verlassene Serpentinen zur Verlandung zu bringen. Man legt sie mehr gegen die untere Mündung des Flußarmes und gibt ihnen eine Höhe zwischen Nieder- und Mittelwasser, damit das Wasser stets eine kleine Strömung hat und seine Materialien überall absetzt. Um die Strömung des Wassers in der Mitte zu erhalten, ist es zweckmäßig, die Krone von der Mitte gegen die Ufer hin etwas steigen zu lassen.

Hinsichtlich der Ausführung sämmtlicher Arten von Buhnen glauben wir auf den Faschinenbau im IX. Abschnitt der Allg. Baukunde verweisen zu können, und

bemerken nur, daß man in Ermanglung von Faschinen Steine anwendet, welche in das Wasser hineingeworfen und so weit thunlich an der Oberfläche regelrecht gesetzt werden.

Endlich wäre noch zu erwähnen, daß man die Schutz-, Treib- und Fangbuhnen häufig mit Flügeln versehen hat, wie solches aus Fig. 11, Taf. VI., ersichtlich ist, und so ihre Wirksamkeit in Betreff der Bildung einer zusammenhängenden Rinne außerordentlich verstärkte. Der Vortheil dieser Anordnung liegt darin, daß man dem Wasser eine bestimmte Richtung ertheilt, die es in Folge seines Beharrungsvermögens auch ferner beibehält und dadurch veranlaßt wird, auf eine größere Länge das Bett anzugreifen. Es bilden diese Flügel den Uebergang zu den Parallelwerken. Sehr häufige Anwendung von den Flügelbauten pflegt man bei kleineren Flüssen zu machen, um ihnen ein Vorland zu verschaffen. Fig. 11 zeigt diese Anordnung.

c. Parallelwerke.

Unter Parallel- oder Streichwerken versteht man solche Strombauten, welche bei einer beabsichtigten Beschränkung des Bettes auf die Normalbreite das neue Ufer bilden. Je nach der Gestaltung des Strombettes ist es erforderlich, daß sie sich mit dem stromaufwärts gekehrten Ende an das Ufer anschließen oder von demselben etwas entfernt bleiben; im ersten Falle werden sie zuweilen außerdem mit dem Ufer durch einzelne Traversen verbunden, Fig. 14. Sind solche Streichwerke sehr lang, wie Fig. 2, Taf. VII., Punkt 580, 560, 174, so müssen sie etwa alle 300 Meter mit Oeffnungen versehen sein, damit das Wasser durch dieselben eintreten und das zur Verlandung des zwischen dem Bau und dem Ufer liegenden Strombetts nöthige Material absetzen kann. Die Wirkung solcher Bauten pflegt in der Regel sehr günstig zu sein, indem dieselben für alle Wasserstände die Verhältnisse in der Art darstellen, wie man sie überhaupt haben will. Sie bilden ferner für die Schifffahrt eine tiefe und sichere Fahrstraße und gestatten wegen ihrer hohen Lage, selbst beim Hochwasser, eine Reparatur für den Fall der Bau an irgend einer Stelle bedroht wäre. Am Rheinstrome auf badischer Seite pflegt man mit vielem Erfolge die Streichwerke auszuführen, und zwar verfährt man gewöhnlich so, daß man die Zeit abwartet, wo an der Baustelle eine Kiesbank liegt, worauf alsdann bei niederem Wasserstande im Trocknen ein Kiesdamm ausgeführt wird, dessen Fuß anfänglich mit Kiessenkfaschinen und später mit Steinsenkfaschinen gedeckt wird. Die Böschungen werden, je nachdem die Mittel es erlauben, entweder mit Faschinen berauhwehrt oder mit Bruchsteinen abgepflastert. Die Krone dieser Streichwerke legt man in die Höhe des Ufergeländes oder vielmehr des gewöhnlichen Hochwassers. Die Erfahrungen, welche man an dem Rheine mit solchen Bauten gemacht hat, berechtigen wohl zu dem Ausspruche, daß man in allen Fällen, wo eine schleunige Correction erforderlich ist, oder wo ein starkes Gefälle an einer Seite geschaffen oder eine bequeme Schifffahrtsstraße hergestellt werden soll, Streichwerke erbauen sollte. Eine Hauptsache muß es immer dabei sein, daß auch auf Verlandung hingewirkt wird, damit sich allmählig ein neues Ufer bildet und der Bau auch von der Uferseite her Schutz erhält. Ohne Ver-

landung oder Ausbildung der Ufer haben die Parallelwerke den großen Nachtheil, daß sie in ihrem Baue und ihrer Unterhaltung sehr kostbar sind, zumal da es Erforderniß ist, sie wo möglich über das höchste Wasser zu führen. Gerade darin liegt der Hauptgrund, warum schon manche Parallelwerke zerstört wurden, daß man sie zu nieder machte und sie alsdann vom Hochwasser überströmt wurden. Hiermit ist noch nicht gesagt, daß eine Erhöhung der Streichwerke über das bekannte höchste Wasser nöthig ist, sondern man begnügt sich mit der Höhe des gewöhnlichen Hochwassers und deckt den Bau an der Krone und auf der hintern Seite so, daß ein weiterer Ueberstlurz des Wassers nicht schadet. Sehr unzweckmäßig sind immer die Anschlüsse an das Ufer, welche wir Traversen genannt haben, wenn sie gleiche Höhe mit dem Streichbau haben; durch diese werden zwar verschiedene von einander getrennte Bassins gebildet, was den Vortheil hat, daß ein Durchbruch des Streichwerks weniger Schaden anrichtet, allein sie verhindern die Verlandung. In jedem Falle sind sie so nieder zu halten, daß das durch die Oeffnung eintretende Wasser überstürzen und sein feines Material ablegen kann.

An kleinern Flüssen hat man zuweilen die Räume hinter den Streichwerken künstlich aufgefüllt; dieß ist allerdings das beste, aber auch das theuerste und kann daher bei großen Strömen keine Nachahmung finden.

Hinsichtlich der Ausführung eines Streichwerkes in strömendem Wasser bemerken wir nur, daß man gewöhnlich den untern Theil desselben mit schwimmenden Faschinen-Lagen herstellt und darauf einen Kiesdamm legt, dessen Deckung entweder mit Faschinen oder Steinen geschieht.

d. Durchstiche.

Wenn man einen Fluß oder Strom da, wo er eine oder mehrere Krümmungen bildet, mittelst Durchschneiden derselben gerade leitet, so nennt man das Ergebniß dieser Arbeit einen Durchstich.

Der Zweck der Durchstiche ist somit, dem Flusse einen regelmäßigen geraden Lauf zu geben, damit er seine Wassermasse schneller abführt und in Folge dessen der Wasserspiegel sich senkt, also auch der Abzug der Seitenzuflüsse beschleunigt wird.

Nicht in allen Fällen, sondern nur dann werden sich Durchstiche rechtfertigen, wenn in einer Krümmung gefährliche, die Gegend überschwemmende Eisstopfungen entstehen, die auf keine andere Weise verhütet werden können; wenn der Fluß, indem er über seine Ufer tritt, die innerhalb der Krümmungen liegenden Felder überströmt und mit Kies überschüttet; wenn, um dieses Uebel zu verhüten, keine haltbaren Dämme gebaut werden können; wenn die concaven Ufer der Zerstörung in einem Grade unterworfen sind, daß sie ohne einen die Kosten des Durchstechens weit überwiegenden Aufwand nicht erhalten werden können; wenn die Schifffahrt nicht Noth leidet ꝛc.

Die Vortheile, welche durch die Durchstiche für einen Strom erreicht werden, sind hauptsächlich: die Abkürzung des Laufes und Gewinnung des Terrains; die Entwässerung des Ufergeländes; die Reducirung der Kosten für die Unterhaltung der Ufer. Die Ausführung eines Durchstichs würde in den meisten Fällen mit zu großen Kosten verbunden sein, wenn sie nicht größtentheils durch die Kraft

des zu regulirenden Flusses selbst zu Stande gebracht werden könnte. Auf der Anwendung dieser Kraft, wodurch man dem Flusse den Weg, welchen er fließen soll, nur zu zeigen bedarf, beruht ein großer Theil der Kunst des Hydrotekten, mit welcher er seinen Zweck erreichen muß.

Bei der Anlage eines Durchstiches beabsichtigt man jedesmal, daß derselbe sich zum Hauptarme, oder vielmehr zum ungetheilten Stromlaufe ausbilden soll. Seine Richtung ist daher so zu wählen, daß in dem neuen Strombette nicht nur scharfe Krümmungen vermieden werden, sondern dasselbe sich auch mit der obern und untern Mündung an die nächstliegenden Stromstrecken gehörig anschließt und der Eintritt des Wassers gerne geschieht. Insoferne auch ein Durchstich sich selbst erweitern und vertiefen muß, bedarf er ein weit stärkeres relatives Gefälle als der alte Arm, woraus hervorgeht, daß der neue Lauf bedeutend kürzer sein muß als der alte. Je mehr die beiden Längen von einander abweichen, desto eher ist ein Gelingen des Durchstichs zu erwarten und desto weniger bedarf es der künstlichen Ausgrabung und Baggerung.

Auch die Beschaffenheit des Terrains ist bei der Wahl der Mittellinie zu berücksichtigen, und nicht selten tritt der Fall ein, daß die von dem Durchstiche abgeschnittene Fläche von bestimmtem Inhalte sein muß. Anhöhen, Gartenanlagen und sonstige kostbare Ländereien wird man selbstredend zu umgehen suchen.

Man unterscheidet einfache und zusammengesetzte Durchstiche; Fig. 15 ist ein einfacher; Fig. 16 und 17, Taf. VI, sind zusammengesetzte Durchstiche. Bei den doppelten Durchstichen sucht man gewöhnlich eine vollständige Ausgleichung der zu beiden Seiten abgeschnittenen Grundstücke eintreten zu lassen.

Ein Durchstich erhält nicht gleich diejenige Breite, welche als Normalbreite für den ganzen Strom angenommen wurde, es wird vielmehr nur ein Graben ausgehoben, dessen Weite verschieden ist je nach der Länge und dem Gefälle des Durchstichs und der Beschaffenheit des zu durchstechenden Bodens.

Höchstens bei kleinen Flüssen und Bächen, die wenig Gefälle haben, gibt man dem Durchstiche gleich seine ganze Breite; bei sehr großen Flüssen hingegen nimmt man nur den 12ten, mitunter sogar den 20sten Theil der Normalbreite als Breite des Durchstichs. Der Neuburger Durchstich am Oberrhein erhielt 40 Fuß Breite, während die Normalbreite 800 Fuß ist; der Knielinger 60 Fuß bei der Normalbreite von 1000 Fuß.

Bei kleineren Flüssen oder solchen, welche den sekundären Thalwegen entsprechen, pflegt man stets eine größere Breite anzunehmen, z. B. $1/5$, $1/3$, sogar $1/2$ der Normalbreite. Bei der Wertachcorrection war die Breite der Durchstiche 16 bis 18 Fuß bei einer Normalbreite von 60 Fuß.

Der Durchstich erhält in der ganzen Länge die gleiche Breite. Was seine Tiefe betrifft, so richtet sich diese gewöhnlich nach dem niedrigsten Wasserstand des Flusses, denn selten wird es gelingen, die Ausgrabung noch unter dieser machen zu können.

Wenn aber auch die Sohle des Durchstichs noch einige Fuße über dem Niederwasser liegt, so erfolgt die Vertiefung und Erweiterung doch bei den höhern Wasserständen, und man hat nur dafür zu sorgen, daß dasselbe innerhalb ge-

schlossener Leitdämme bleibt, damit es eine kräftige Strömung beibehält. Die Arbeit des Ausgrabens wird am leichtesten, wenn man an dem untern Ende beginnt, damit das Grundwasser abfließen kann; das Oberwasser bleibt während der ganzen Arbeit abgeschlossen. Das Material aus dem Durchstiche dient zur Aufführung der erwähnten Leitdämme, welche an dem obern Ende sich vereinigen, um den Eintritt der Hochwasser während der Arbeit abzuhalten. Fig. 15 zeigt diese Anordnung. Die Seitenwände des Durchstichs macht man möglichst steil, damit sie leicht einfallen.

Ist die Ausgrabung des Durchstichs erfolgt, so pflegt man den obern Deich nicht früher als bei kleinem Wasserstande zu durchstechen, damit die Einmündung möglichst regelmäßig wird. Würde man einen höhern Wasserstand wählen, so könnten sehr leicht durch das schnell und heftig in die erste Oeffnung stürzende Wasser unregelmäßige Kiesablagerungen entstehen. Bei einem zusammengesetzten Durchstiche dürfte es das beste sein, die Ausgrabung und Oeffnung der einzelnen Theile gleichzeitig vorzunehmen; wenn dieß nicht angeht, so ist jedenfalls der obere Theil zuerst zu öffnen.

Nachdem die Ausgrabungen beendigt sind, kommt es zunächst darauf an, bei eintretenden höheren Wasserständen eine hinreichend starke Strömung in dem Kanale darzustellen, wodurch die beabsichtigte Vergrößerung des Profils bald herbeigeführt und dadurch wieder die dauernde Durchströmung gesichert wird. Es können oft einige Jahre vergehen, bis der Durchstich den ganzen Strom aufgenommen hat. Während dieser Zeit muß man die erforderlichen Aufräumungen nicht vernachläßigen, weil sonst der Kanal sich theilweise ganz verschließen könnte. Zuweilen hat man noch künstliche Mittel anzuwenden, um das Gelingen des Durchstichs herbeizuführen: dieselben bestehen in der Ausbaggerung der Sohle, Durchbrechung der Eisdecke vor dem Eisgang, Anlage von Schöpf- oder Sperrbuhnen.

Hat der Durchstich endlich den Strom aufgenommen, so ist seine weitere Ausbildung zu überwachen, damit die Normaluferlinien nicht überschritten werden. Noch bevor diese erreicht sind, hat man die nöthigen Materialien zur Deckung der Ufer beizuschaffen.

Eine weitere Sorgfalt ist endlich auch auf das alte Flußbett zu verwenden, damit dieses nach und nach zur Verlandung gebracht werde; denn so lange es noch seine frühere Tiefe hat, bleibt auch die Möglichkeit, daß der Fluß wieder dahin zurückkehre. Diese Verlandung wird angebahnt durch eine Abschließung des verlassenen Armes an der untern Ausmündung und wird später sehr beschleunigt durch Anlage von Fangbuhnen, Schlickzäunen und Weiden-Pflanzungen. Fig. 12, Taf. VI. Es muß dabei in dem Seitenarm stets eine kleine Strömung erhalten werden, damit das trübe Wasser ungehindert eintreten und seine Stoffe ablagern kann.

e. Pflanzungen.

Für die regelmäßige und vollständige Ausbildung der Ufer ist außer den Hauptwerken und Schlickfängen die Anpflanzung von Gesträuchen besonders wichtig, unter gewissen Verhältnissen sogar unentbehrlich. Die Aeste und Zweige des

Gesträuches hemmen die Bewegung des Wassers so sehr, daß nicht nur die schweren Massen, die vom Strome fortgeschoben werden, liegen bleiben, sondern außerdem auch die feinern Stoffe niedersinken und eine fruchtbare Erdschichte bilden, worauf später eine andere Benutzungsart des neu gewonnenen Bodens möglich wird. Die Pflanzungen sind aber auch dadurch nützlich, daß sie den Boden durch ihre Wurzeln befestigen, so daß er einer heftigen Strömung widerstehen kann. Bei der Anlage derselben in verlassenen Betten sind manche Umstände zu berücksichtigen. Nicht in jeder Höhe über dem Wasser kann eine Pflanzung gedeihen. Gewöhnlich wählt man den Weidenstrauch, und für diesen gilt die Regel, daß die zu bepflanzende Fläche nicht viel unter der Höhe des gewöhnlichen Wasserstandes liegen darf, während die Wurzeln selbst beim kleinsten Wasser in den feuchten Boden herabreichen müssen. Eine andere noch wichtigere Rücksicht bezieht sich darauf, daß man nicht durch die Pflanzungen selbst einzelne tiefe Stellen für die Verlandung unzugänglich macht, weil in diesem Falle keine gleichmäßige Erhöhung bezweckt würde.

Die Pflanzungen müssen sich immer an das feste Ufer anschließen und so angeordnet sein, daß ein ziemlich geregelter Weg dem Hochwasser einen ungehinderten Zutritt zu den etwaigen tiefern Stellen gewährt und das Wasser auch wieder abfließen kann. Von großem Nutzen sind in solchen Vertiefungen die Flechtzäune.

Die sich am besten eignenden Weidenarten sind: die Korbweide, die rothe Uferweide, die Bachweide. Das Anpflanzen geschieht ganz allgemein durch Stecklinge. Dieß sind frische Zweige, welche auf etwa 0·3 Meter Tiefe in den Boden gesteckt werden. Oefters geschieht die Pflanzung in Reihen, welche sodann normal gegen die Strömung gerichtet sind. Zum Anpflanzen wählt man eine Jahreszeit, in welcher man weder Hochwasser noch zu große Dürre oder Kälte erwarten darf. Am sichersten ist die letzte Hälfte des Monats Oktober oder die erste Hälfte des Aprils. Die Frühjahrspflanzungen hält man im Allgemeinen für besser; doch hat die Spätjahrspflanzung den Vortheil, daß die ganze Pflanzung schon beim nächsten Frühjahrswasser vortheilhaft wirkt. Die Pflanzung muß immer niedriger Strauch bleiben, man muß daher von Zeit zu Zeit, etwa alle 3—4 Jahre, einen Faschinenhieb vornehmen.

Hat die Pflanzung einmal ihren Zweck erfüllt und ist also der Boden bis zur Höhe des Wiesengrundes erhöht, so welkt der Weidenstrauch von selbst ab; man rottet das Weidengebüsch ganz aus und zieht dafür einen Rasen, womit die Ausbildung der Uferfläche beendigt ist.

§. 20.

Stromspaltungen und Seitenzuflüsse.

Die Spaltung eines Stromes in 2 Arme, sowie auch die Vereinigung zweier Flüsse in einen Strom ist in mancher Beziehung von Wichtigkeit und hat deßhalb schon zu allerlei Untersuchungen Veranlassung gegeben. *)

*) Förster's Bauzeitung, 1849. S. 193.

Die künstliche Spaltung eines Stromes wird nur höchst selten vorkommen, dagegen kann sich eine solche von selbst bilden, wenn ein Strom sich ganz überlassen bleibt und etwa eine Landzunge durchbricht oder durch kolossale Material-Ablagerungen Inseln bildet. In keinem Falle wird eine Spaltung vortheilhaft sein, weil dadurch der Kultur mehr Gelände entzogen und zur Unterhaltung der Ufer ein größerer Aufwand erfordert wird, als wenn die ganze Wassermasse in einem gemeinsamen Bette vereinigt ist. Zuweilen treten die beiden Stromarme gar nicht mehr mit einander in Verbindung, sondern bilden Zweige des Hauptstromes, die gewöhnlich in das Meer einmünden und in dessen Nähe sich abermals spalten. Beispiele hiervon zeigen uns die Flüsse: Weichsel und Rhein. Bei derartigen Verzweigungen eines Stromes tritt in der Regel der nachtheilige Fall ein, daß die einzelnen Zweige sich gerne versanden und den Abfluß der Hochwasser hemmen.

Von ebenso großer Bedeutung wie die Stromspalten sind diejenigen Stellen des Strombettes, wo Seitenzuflüsse stattfinden. Will man in beiden Fällen etwas Dauerndes herstellen, so geschieht dieß durch die Befestigung der Spaltungs- oder Vereinigungsspitze oder die Herstellung einer Trennungsbuhne von Steinen oder Faschinen. Tritt ein Seitenfluß in einen Strom ein, so vermeidet man am besten die sich leicht bildenden Versandungen in dem letztern, wenn man, wie dieß schon Woltman *) empfiehlt, die Mündung stromabwärts kehrt und gegen ein concaves Ufer führt, wie dieß aus der Fig. 18 ersichtlich ist. Auch bei der Vereinigung kleinerer Gebirgsflüsse in schiffbare Ströme ist diese Anordnung zu empfehlen. Bei der Zusammenmündung zweier Flüsse lassen sich folgende Fragen stellen:

1) Nach welcher Richtung wird der vereinigte Strom vom Vereinigungspunkt an weiter zu fließen die Tendenz haben?

2) Welche Stoßkraft (Bewegungsmoment) wird der Strom nach der Vereinigung erhalten?

3) Mit welcher mittlern Geschwindigkeit wird sich das Wasser beider Flüsse nach der Zusammenmündung im vereinigten Strome weiter fortbewegen, und endlich

4) Welchen Querschnitt soll das Bett des vereinigten Stromes erhalten?

In Fig. 19, Taf. VI, sei AB der eine und DE der andere Fluß; M und m die Wassermengen und C und c die entsprechenden mittlern Geschwindigkeiten.

So hat man die Stoßkraft oder das Bewegungsmoment für den Fluß AB $= \gamma M \frac{C}{2g}$; und für den Fluß DE $= \gamma\, m \frac{c}{2g}$; worin γ das Gewicht der Kubikeinheit Wasser und g der Raum, den ein frei fallender Körper in der ersten Secunde zurücklegt.

Werden die beiden Stoßkräfte in Linien aufgetragen, so gibt die Diagonale af des Parallelograms aifd die Größe und Richtung der vereinigten Stoßkraft an. Eine einfache Betrachtung gibt für die Richtung, wenn der Winkel fai $= \psi$

*) Beiträge zur Schiffbarmachung der Flüsse. Seite 122.

$$\tang \psi = \frac{MC \sin \alpha}{mc + MC \cos \alpha} \qquad \text{I.}$$

und für die Größe $af = R$

$$R = \frac{\gamma}{2g} \sqrt{m^2c^2 + M^2C^2 + 2MCmc \cos \alpha} \qquad \text{II.}$$

Die mittlere Geschwindigkeit des vereinigten Stromes sei V, so hat man aus $R = \gamma \cdot \frac{(M + m)\, V}{2g}$

$$V = \frac{2gR}{\gamma\,(M + m)}$$

und also auch

$$V = \sqrt{\frac{m^2c^2 + M^2C^2 + 2MC\,mc \cos \alpha}{(M + m)^2}} \qquad \text{III.}$$

Für die Querschnittsfläche des vereinigten Stroms hat man, wenn wir sie mit F bezeichnen: $F = \frac{M + m}{V}$ oder

$$F = \sqrt{\frac{(M + m)^4}{m^2c^2 + M^2C^2 + 2mc\,MC \cos \alpha}} \qquad \text{IV.}$$

Setzen wir die Querschnittsfläche des Flusses $AB = f = BT$ und die des Flusses $DC = \varphi = bt$, wo B und b die mittlern Breiten und T und t die mittlern Tiefen, so hat man $M = B.T.C$ und $m = b.t.c$, folglich, wenn β die mittlere Breite und τ die mittlere Tiefe des vereinigten Flusses bedeuten:

$$F = \beta\tau = \sqrt{\frac{(BTC + btc)^4}{b^2t^2c^4 + B^2T^2C^4 + 2btc^2\,BTC^2 \cos \alpha}} \qquad \text{V.}$$

§. 21.

Zweck und allgemeine Anordnung der Strombauten.

a. Allgemeine Bemerkungen.

Die Ströme sind im natürlichen Zustande fortwährenden Veränderungen unterworfen; selbst ein regelmäßiger Strom, sich selbst überlassen, kann durch Uferabbrüche und Materialablagerungen allmählig wieder in einen Wildstrom verwandelt werden, welcher durch die Erhöhung seiner Sohle den Abfluß der Seitengewässer stört und zu Versumpfungen in und außerhalb dem Stromthale Veranlassung gibt. Diese letztern zu verhindern, ist ein Hauptzweck der Stromregulirungen. Man sucht den zerrissenen Strom in ein gemeinschaftliches Bett zu bringen und bewirkt zu diesem Behufe, daß durch gewisse Strombauten die Ablagerung im Bette selbst verhindert, dagegen in den übrigen Stellen des Stromthals befördert wird. Hierdurch gelingt es nicht nur dem Strome diejenige tiefe Lage, welche er gerade hat, zu erhalten, sondern man hat in den meisten Fällen eine Senkung desselben hervorgebracht.

Zu scharfe Krümmungen, unnatürliche Verengungen und Verbreiterungen der Profile sind in vielfacher Hinsicht schädlich, sie hemmen den Abfluß der Hochwasser und bewirken dadurch, sowie auch durch die Eisstopfungen, welche den Strom

aufstauen, Ueberschwemmungen, wodurch Aecker und Wiesen mit Sand und Kies überschüttet und auf mehrere Jahre jeglichem Ertrage entzogen werden. Dazu kommt auch noch, daß an den Verbreiterungen sich bedeutende Materialablagerungen bilden und daher gewöhnlich auch die nöthige Tiefe für die Schifffahrt mangelt. Weiterer Zweck der Stromregulirung ist also: Ueberschwemmungen zu verhindern, dem Fluß oder Strom für sein höchstes Wasser eine Grenze zu stecken, was durch Dämme oder Deiche geschieht, für sein Nieder- und Mittelwasser dagegegen ein Bett anzubahnen, in welchem weder Uferabbrüche, noch Ablagerungen vorkommen und wo überall die nöthige Tiefe für die Schifffahrt vorhanden ist. Hierbei wird immer zu erwägen sein, daß durch eine allzu große Verkürzung des Stromlaufs die Wassertiefe abnimmt, und also eine Geradleitung nicht unter allen Umständen vortheilhaft erscheint.

Sobald ein Strom aber regulirt ist, so muß er durch eine sorgfältige Unterhaltung in seinem regelmäßigen Zustande erhalten werden, und es bedingt dieß die Deckung der Ufer, durch welche der weitere Zweck der Stromregulirung, nämlich die Sicherstellung des Eigenthums vor Beschädigung und Zerstörung erreicht wird.

Indem die Naturen der Ströme sehr verschieden und überall wieder andere Verhältnisse sind, welche bei der Regulirung berücksichtigt werden müssen, gibt es auch in der allgemeinen Anordnung der Strombauten viele Verschiedenheiten, daher wir uns darauf beschränken, in dem Folgenden einige spezielle Fälle zu beschreiben. Vorher nur einige Bemerkungen. Ehe man überhaupt an einen Entwurf für eine Stromcorrection gehen kann, muß man erst die Natur des Stromes kennen lernen und müssen daher vor Allem die erforderlichen Messungen gemacht werden. Dieselben beziehen sich insbesondere auf die Aufnahme der Stromkarte, das Nivellement und die Aufnahme der Querprofile, sowie auch auf die Beobachtungen der Wasserstände und der Geschwindigkeiten. Die erstere gibt die Lage der Ufer und der Sandbänke an, das Nivellement enthält das allgemeine Gefälle des Stromes und die Querprofile geben den Thalweg an.

Wird die Regulirung im Interesse der Schifffahrt vorgenommen, so sind all zu starke Gefälle und seichte Stellen oder Untiefen zu entfernen, und es kann dieß auch bei solchen Strömen, die ein schwaches Gefälle haben, z. B. $\frac{1}{2500}$ bis $\frac{1}{3000}$ dadurch geschehen, daß man das Gefälle auf eine längere Strecke vertheilt und überall, wo zu große Breiten sind, die Normalbreite einführt. Bei Einzeichnung der neuen Uferlinie in den Plan hat man darauf zu sehen, daß keine zu starke Krümmungen vorkommen und solche sich jedenfalls an die alten Ufer möglichst gut anschließen. Auch dürfen die Krümmungen nicht zu häufig und zu rasch aufeinander wechseln, indem sich sonst das Fahrwasser unregelmäßig ausbildet und Sand und Kiesbänke entstehen, endlich müssen solche, sowie auch die geraden Strecken in jedem Falle der Strömung des Hochwassers folgen.

Bedingt der alte Stromlauf zu starke Krümmungen, so können diese mit Durchstichen abgeschnitten werden und hat man nur dabei zu beachten, daß die Senkung des Wasserspiegels der Schifffahrt nicht hinderlich ist.

Wenn der zu regulirende Strom vielfache Arme gebildet hat, so müssen vor Allem diejenigen bezeichnet werden, welche den Thalweg aufnehmen, und welche zur Verlandung gebracht werden sollen. Die nöthigen Verlandungsbauten sind die ersten Arbeiten bei der Ausführung und bestehen hauptsächlich in niederen Abschließungen. Mit diesen gleichzeitig sind diejenigen Ufer zu decken, welche in der Normaluferlinie liegen, und werden die neuen Ufer am besten durch Streichwerke nach und nach hergestellt. Werden Durchstiche ausgeführt, so macht man mit den untern den Anfang und sorgt dafür, daß nirgends die Normaluferlinien in Abbruch kommen.

Von besonderer Wichtigkeit bei einem schiffbaren Strome ist die Führung des Leinpfads. Derselbe darf durch die Regulirung nicht unterbrochen werden und soll sich immer möglichst nahe an die Fahrrinne anschließen.

Wenn eine Vertheilung des Gefälles auf längere Strecken nicht angeht, und vielleicht dasselbe durch Wehre schon stark concentrirt ist, dann erfordert die Schifffahrt noch andere Anlagen, welche das Uebergehen der Schiffe aus dem einen Wasserspiegel in den andern möglich machen; man nennt sie Kammerschleusen. Zwischen diesem Falle und demjenigen, wo eine Vertheilung des Gefälles auf eine längere Strecke möglich ist, ohne Beeinträchtigung der Wassertiefe, liegt aber noch der, wo man den Strom etwas aufstauen kann, ohne ihn jedoch durch Wehre sperren zu müssen.

Ein solcher Stau wird durch allmählige Einschränkung des Bettes mittelst Buhnen oder Streichwerken erzeugt, vorausgesetzt, daß die Sohle aus Felsen oder schwerem Geschiebe besteht und sich nicht vertieft. Es fragt sich dabei zunächst, welche Gefälle überhaupt noch für die Schifffahrt zuläßig sind. Auf unregulirten Strömen kommen zwar zuweilen Stellen vor, welche $\frac{1}{600} - \frac{1}{500}$ Gefälle haben und ohne Gefahr befahren werden, allein bei einer Regulirung sollte man dieses Gefälle höchstens $\frac{1}{800}$ annehmen, damit die Schiffe ohne großen Vorspann bergauf fahren können.

Aus diesem Gefälle, der Wassermenge und mittlern Tiefe des kleinsten Wassers läßt sich die Weite des eingeschränkten Profils nach der Formel

$$M = 93\ J \sqrt{\frac{J}{L\,p}}$$

berechnen, nur scheint es angemessen, den Coefficient 93 zu ermäßigen und nach Hagen's Beobachtungen sogar auf 60 herabzusetzen.

b. Specielle Fälle der Stromregulirung.

Ein ausgeführtes Beispiel einer solchen Einschränkung des Bettes gibt uns ebenfalls Hagen in seinem Wasserbaue. Fig. 20, Taf. VI. stellt die Situation dar. Die Stromstrecke war bei kleinem Wasser für die Schifffahrt sehr gefährlich, indem eine Felsbank durch das Bett streicht und eine Stromschnelle bildet. Nachdem man sich überzeugt hatte, daß der gewachsene Felsen unter dem rechten flachen Ufer noch höher als im Strombette lag, und ein Durchstich nicht günstigere Ver-

hältnisse erwarten ließ, so machte man den Anfang damit, die bisherige Schifffahrtsrinne durch Aussprengen zu verbreitern und ihr die erforderliche Tiefe zu geben, während durch die Anlage von drei Buhnen am linken Ufer oberhalb der Felsbank der Strom gehörig in diese Rinne hineingewiesen wurde. Die Sprengungsarbeiten konnten jedoch nur sehr langsam fortschreiten und man entschloß sich daher zu andern Maßregeln, nämlich zur Anlage eines Streichwerks längs der Fahrrinne, und wegen Erzeugung einer größern Wassertiefe zur Erbauung einer Anzahl von Buhnen, welche den Strom verengten und in die Höhe trieben. Der Erfolg war ein günstiger.

Ein anderes Beispiel, welches Hagen gibt, zeigt uns den Fall, wo in einem Flusse an einer flachen Krümmung und zwar auf der concaven Seite ein Bach mit starkem Gefälle einmündet und viele Geschiebe ablagerte, welche den Thalweg auf die andere Seite drängten. Das Bett des Flusses war so verengt, daß bei kleinem Wasser eine förmliche Stromschnelle sich bildete, welche für die Bergfahrt beschwerlich war. Die Mündung des Bachs war stromaufwärts gerichtet. Man fing also damit an, diese Mündung zu verlegen und zwar den Bach stromabwärts zu ziehen, wodurch eine fernere Ablagerung der Geschiebe verhindert war. Zwischen Bach und Fluß führte man einen Damm aus, damit eine Verschüttung des erstern verhindert wurde. Auf der andern Seite des Stroms wurde die Bucht (einwärtsgehendes Ufer) durch einige Buhnen verbaut. Der Erfolg dieser Anlagen war günstig.

§. 22.

Die Geradeleitung der Linth und die Austrocknung der Thäler zwischen dem Wallenstädter- und Zürcher-See. Fig. 1, Taf. IX. und Fig. 21, Taf. VI.

Hoch in den Gebirgen des Kanton Glarus entspringt die Linth, und fließt, durch viele reißende, ungeheure Geschiebmassen fortwälzende Gebirgsbäche verstärkt, dem schönen weiten Thale zu, welches sich von Mollis und Näfels bis an den Zürcher-See ausdehnt. Hier öffnet sich nordwärts gegen den Wallenstädter-See hin ein anderes Thal, an dessen Ende die Stadt Wesen liegt. Ein kleiner Fluß, die Maag, auch die Wesener Linth genannt, leitete vor der Ausführung des Unternehmens, welches der Gegenstand unserer Beschreibung ist, die Gewässer, die aus dem Weißtannenthal und von den um den See her liegenden Bergen sich in diesen ergießen, in die Glarner Linth, mit welcher sie sich unterhalb Näfels an der sog. Ziegelbrücke vereinigte.

Wie jeder Fluß, welcher mit großem Gefälle aus einem engen Thale in ein weites hervortritt und dort an seinem Gefälle bedeutend verliert, in demselben seine Geschiebe liegen läßt und sein Bett erhöht, so geschah es auch hier in einem sehr hohen Grade. Die Bewohner des Thals wußten sich auf keine andere Weise gegen die Folgen dieser Erhöhung zu verwahren, als daß sie die Ufer theils durch Stein-, theils durch Holzbauten erhöhten. Diese Erhöhungen mußten oft wiederholt werden, weil jedes Hochwasser neue Geschiebmassen herbeiführte, und so kam es endlich, daß der größte Theil des Linthbettes auf einem breiten, beinahe das

ganze Thal durchschneidenden unregelmäßigen und um mehrere Fuße über dasselbe sich erhebenden Damme floß. Sobald ein Hochwasser eintrat, entstanden da und dort Uferdurchbrüche und das Wasser stürzte sich verheerend in die Ebene. Auf diese Weise wurde dieses Thal theils allmählig in Sumpf und Moor verwandelt, theils mit Sand und Kies überschüttet. In den untern Gegenden der Linth vom obern Buchberge abwärts war die Erhöhung des Flußbettes zwar weniger bedeutend, allein das hier schon viel geringere Gefälle des Flusses vermehrte die Ueberschwemmungen; jedes Austreten desselben verwandelte die ganze Umgegend in einen See, und auch hier schien der Sumpfzustand allgemein werden zu wollen.

Die traurigsten Wirkungen aber brachte diese Erhöhung des Flußbettes in dem Thale hervor, welches sich von der Linth bis an den Wallenstädter-See und bis an die Stadt Wesen ausdehnt, und in der Ebene, welche das obere Ende des See's begrenzt, und die Stadt Wallenstadt umgibt. Die Maag, welche die Gewässer des See's in die Glarner Linth abführte, verlor nach und nach ihr Gefälle, bis am Ende die Linth ihre Hochwasser dem See zuführte. Hierdurch erhob sich der Wasserspiegel des See's und verursachte eine allgemeine Versumpfung der ganzen Ebene zwischen Wesen und der Linth und der Gegenden um Wallenstadt, die so weit vorschritt, daß die Ebene mit Wasser bedeckt wurde, die tiefer liegenden Straßen der beiden Städte nie mehr vom Wasser befreit wurden, die Keller damit angefüllt blieben, und die Bewohner ihre untern Stockwerke verlassen mußten. Dazu gesellte sich noch der Nachtheil, daß die Luft verpestet wurde und den Gesundheitszustand in einer höchst bedenklichen Weise verschlimmerte.

Eine schleunige Abhülfe war hier um so nöthiger, als das Uebel immer fortschritt. Schon im Jahr 1784 hatte Hauptmann Lanz von Bern den Vorschlag gemacht, die Linth in den Wallensee zu leiten, wo sie ihre Geschiebe niederlegen und dann von diesen befreiet, durch die Maag an der Ziegelbrücke wieder in ihr eigenes Bett zurückkehren sollte; allein erst im Jahre 1804 beschloß die Tagsatzung der schweizerischen Eidgenossenschaft die Ausführung des Unternehmens, nämlich der Austrocknung der Sümpfe am Wallensee und an der Linth. Eine Commission, bestehend aus dem bad. Ingenieur Tulla, den Herren Escher aus Zürch, Architekten Osterried aus Bern und Schindler von Glarus, leitete die Vorarbeiten und legte den Plan vor, der dahin ging: die Linth in den Wallenstädter-See zu leiten, damit sie dort ihre Geschiebe ablegen, sodann die Maag und frühere Linth vom Wallenstädter-See bis zum Zürcher-See gerade zu leiten und zu vertiefen, damit der Wasserspiegel des ersteren wieder seine frühere, mindestens 6′ tiefere Lage annehme.

Dieser Plan wurde auch ausgeführt. Fig. 6, Taf. IX.

Das Nivellement der Linth von der Ziegelbrücke bis an den Zürcher-See gab folgende Resultate:

	Flußlänge. Fuß	Fall in derselben. Fuß
Vom Zürcher-See bis Grünau	8930 . . .	3,8
Von Grünau bis zum Ausfluß des Rieselgießens .	7450 . . .	2,55
Vom Rieselgießen bis zum Einfluß der Späthlinth	8122 . . .	9,00
Von der Späthlinth bis zum Fahrhause	6419 . . .	5,55

	Flußlänge. Fuß	Fall in derselben Fuß
Vom Fahrhause bis zum Abfluß des Hängelgießens	7087 . . .	8,00
Vom untern Ende des Hängelgießens bis zum obern Ende desselben	5154 . . .	5,4
Vom Hängelgießen bis zum Biltnerbach . . .	5808 . . .	7,4
Vom Biltnerbach bis zur Sebastianskapelle . . .	5847 . . .	9,25
Von da bis zur Ziegelbrücke	7754 . . .	13,00
Summe	62571 . . .	63,95

Es kam darauf an, dieses Gefälle auf die ganze Linth vom Wallen-See bis zum Züricher-See auf die neue Flußbahn zweckmäßig zu vertheilen. Vor der Tieferlegung lag der Wallen-See beim niedersten Stand 62′ über dem mittlern Wasserstand des Züricher-Sees. Sein höchster Wasserstand stieg 6′ über den niedersten, folglich lag sein mittlerer Wasserstand 3′ über seinem niedersten und 65′ über dem Mittelwasser des Züricher-Sees. Sollte der Zweck, Wesen und Wallenstadt vom Wasser zu befreien, erreicht werden, so war eine Erniedrigung des Wallen-See-Spiegels von 6′ nothwendig, und er würde folglich 59′ über den Züricher-See zu liegen kommen.

Die Tieferlegung der Linth an der Ziegelbrücke wurde zu 12′ angenommen, dadurch blieb für das Gefälle der Maag, deren Länge 10000′ beträgt, noch 6′, also auf 1000′ nur 6″. Von der Ziegelbrücke bis Grünau ist die Länge 39000′ das Gefälle 49′, folglich kommen auf 1000′, 1,26′. Von Grünau bis zum Züricher-See ist die Länge 8930″, der Fall nahe 4′, also kommen auf 1000′, 0,425′.

Der Mollifer Kanal, welcher die Linth von der Näfelser Brücke in den See leitet, besteht aus zwei geraden Linien, welche sich an der vorspringenden Ecke des Wallenbergs durch einen Kreisbogen mit 1175′ Radius vereinigen. Er wurde an einer seichten Stelle in den See geführt und erhielt eine Länge von 13000′ mit einem Gefälle von 42′, daher auf 1000′, 3,23′.

Der Näfelser Kanal, welcher von der Näfelser Brücke aufwärts zieht bis zum Anfang der Correction, bekam eine Länge von 6000′, und sein natürliches Gefälle wäre 5 auf 1000 gewesen. Um aber keine Ablagerung von Geschieben von der Näfelser Brücke abwärts zu verursachen, ließ man das Gefälle des Näfelser Kanals allmählig anwachsen, und gab auf die ersten 500′ Länge von der Brücke aufwärts 35″ auf 1000′ Länge, in den nächsten 1000′, 38″, in den beiden folgenden 1000′, 42″ und 46″, und dann unabgeändert für 1000′, 50″. Zugleich suchte man auch die Kraft des Wassers in den mehr geneigten Flußstrecken dadurch zu vermindern, daß man diesen durch Erweiterung ihres Bettes eine geringere Tiefe gab, indem man voraussetzte, daß mit Verminderung der Wassertiefe auch die Fähigkeit der Ströme, Geschiebe fortzurollen, vermindert werde. Man erweiterte daher das neue Flußbett von der Breite von 72′, die es am Anfang des Mollifer Kanals hat, bis dahin, wo das Gefälle 5′ erreicht, stufenweise bis 82′, und die Dämme wurden 20′ weiter von einander entfernt.

Was den Lauf der Linth vom Wallen-See bis zum Züricher-See betrifft, so besteht derselbe aus geraden Linien, die durch Kreisbogen verbunden sind. Der

kleinste Radius ist 1600′. Zur Bestimmung der Querschnitte der verschiedenen Kanäle wurden einige Wassermengen gemessen. Zuerst an einer Stelle bei Mollis, wo die Linth in ein 80′ breites Bett zusammengedrängt ist. Hier fand man den Inhalt des Querprofils 370□′ und die mittlere Geschwindigkeit 8,8, folglich die Wassermenge 3256 Kbkfß. Der höchste Wasserstand des nämlichen Jahres war um 2′ höher und gab 4752 Kbkfß. Eine andere Messung wurde an der Ziegelbrücke vorgenommen, es ergab sich eine Wassermenge von 2144 Kbkfß. Diesen Ergebnissen zufolge glaubte man dem Molliser Kanal eine obere Breite von 72′, eine untere von 56′ und eine Tiefe von 8′ geben zu müssen. Man glaubte für diesen Kanal, wenn er vollbördig ist, eine Geschwindigkeit von 10′ annehmen zu können, mit welcher er in der Secunde eine Wassermenge von 5120 Kbkfß. fortzuführen im Stande sein würde.

Für außergewöhnliche Hochwasser hielt man es auch für nothwendig, in Entfernungen von 25′ von den Uferborden 8′ hohe Dämme zu bauen, wodurch das Profil fähig wurde, eine Wassermasse von 15000 Kubikfuß per Sec. abzuführen. Fig. 22, Taf. VI.

Der Querschnitt des Wesener Kanals wurde für eine Wassermasse von 9 bis 10000 Kubikfuß in der Sec., welche man für gewöhnliche Hochwasser voraussetzen zu dürfen glaubte, bestimmt. Die Geschwindigkeit zu 4,5′ gesetzt, gibt dieses einen Inhalt des Querschnitts von 2000 □′. Man bestimmte daher vorläufig für eine Tiefe von 8′ eine obere Breite von 266′ und eine untere von 250′. Um das umgebende Land vor Hochwasser zu schützen, nahm man noch 6′ hohe Dämme an, und zwar in einem Abstande von Dammkrone zu Dammkrone von 325′. Später zeigte es sich, daß bei der Ziegelbrücke eine Vertiefung von 18′ erreichbar ist, man verminderte daher die Breite dieses Kanals bis auf 120′ und ließ die Dämme stehen, weil sie schon ausgeführt waren. Für die Querschnitte der Kanäle unterhalb der Ziegelbrücke bestimmte man eine obere Breite von 86′, eine untere Breite von 70′ und eine Tiefe von 8′, folglich einen Querschnitt von 624 □′. Die wahrscheinliche Geschwindigkeit nahm man zu 7′ an, und erhielt daher eine Wassermenge von 4368 Kubikfuß. Zu beiden Seiten nahm man 6′ hohe Dämme an, mit einem Abstande ihrer innern Kronenlinien von 200′; hierdurch erhielt der Kanal die Fähigkeit, eine Wassermasse von 12264 Kubikfuß mit 7′ Geschwindigkeit abzuführen.

Dieser Querschnitt wurde beibehalten bis zum Grünauer Kanal. Da in diesem das Gefälle bis zum Züricher-See geringer ist, so wurde er am Anfang um 10′ und am Ende um 20′ erweitert.

Für die Hochwasser der Bäche, welche von den umgebenden Bergen herabkommen, wurden besondere Parallelgraben hinter den Dämmen ausgeführt, die in den Züricher-See einmünden, damit keine Geschiebe in den Kanal gelangen. Diese letzteren werden schon vor dem Eintritte in die Parallelgraben durch steinerne Wehre zurückgehalten.

Was die Ausführung dieses Unternehmens betrifft, so zerfällt sie in 4 Abtheilungen:

1) Die Ausführung des Näfelser- und Molliser-Kanals; 2) des Kanals vom Wallensee bis an die Ziegelbrücke; 3) von der Ziegelbrücke bis an den obern Buchberg; 4) vom obern Buchberg bis in den Züricher-See.

Am interessantesten war die Ausführung der Kanalstrecke von der Ziegelbrücke abwärts, daher wir diese etwas näher betrachten wollen, und hinsichtlich der Ausführung der übrigen Kanäle nur bemerken, daß man wohl in der Hauptsache die Profile durch künstliche Abgrabungen und Aufschüttungen herstellte, daß man aber auch überall, wo es anging, die Kraft des Wassers benutzte, um die gewünschten Erfolge zu erzielen.

Von der Ziegelbrücke abwärts wurde ein 54 Fuß breiter Kanal ausgegraben, Fig. 21, Taf. VI., welcher mit einer Länge von 2500 Fuß sich der Stelle näherte, wo der Linthlauf eine kleine Biegung um die mittlere Windecke macht und das alte Flußbett wieder erreicht. Es gelang den Arbeitern diesen Kanal an jenen Stellen, wo er durch feste Lehmerde geht, um 3 bis 4 Fuß tiefer zu graben, als der damalige tiefste Wasserstand der Linth war, indem sie ihn als einzelne durch möglich schmale Zwischenräume getrennte Gruben aushoben, in welchen sie des zudringenden Wassers leicht Meister werden konnten. Diese dünnen Wände konnten, als die Linth in den Kanal geleitet war, leicht durchstochen und niedergerissen werden. Mit der ausgegrabenen Erde wurden auf beiden Seiten die Dämme aufgeführt, um bei eintretendem Hochwasser die Wassermenge zusammengedrängt zu erhalten und ihre volle Wirksamkeit für die Vertiefung und Erweiterung des Flußbettes anzuwenden. Einige Schwierigkeit verursachten bei dieser Bildung des neuen Flußbetts die verschiedenen kleinen Bachbetten und Nebenrinnen, von welchen es durchschnitten war. Man verschloß die kleinern derselben in der Richtung der zukünftigen Normalufer mit Steindämmen, und die ausgedehnten Ufterergänzungen wurden mit Faschinenbauten gemacht. Der Raum hinter diesen Bauten wurde bis an die Dämme hin mit der ausgegrabenen Erde ausgefüllt.

Von der mittlern Windecke abwärts mußte eine 2600′ lange Strecke des alten Linthbettes beibehalten werden, und es war nun hier die Aufgabe zu lösen, dieser Strecke gerade und regelmäßige Ufer ohne künstliche Abgrabung und Anschüttung zu geben. Zu diesem Zwecke wurden hier flußaufwärts gerichtete Buhnen angewendet, die man aus Faschinen herstellte. Diese Buhnen konnten aber wegen Hochwasser und Mangel an Faschinen nicht in dem Zusammenhange ausgeführt werden, daß sie ein systematisches, dem Zwecke entsprechendes Ganzes gebildet hätten, sondern man baute immer zuerst diejenigen Buhnen, welche für den Augenblick am nöthigsten waren.

Zuerst baute man die Buhne 1. Sie bewirkte binnen kurzer Zeit die Erhöhung des Flußbettes im rechtseitigen, durch sie abgeschnittenen Arme, griff die ihrem Kopfe gegenüberliegende Sandbank an und vertiefte den mittlern Flußarm von 2 bis auf 10 Fuß. Hierauf wurde die Buhne 2 erbauet; ihre Wirkung konnte erst nach Eröffnung des Ziegelbrückkanales vollkommen erfolgen, und sie durfte dann um so sicherer erwartet werden, weil die unterhalb vorspringende Felsecke der mittlern Windecke als eine sie unterstützende Buhne betrachtet werden konnte. Man baute nun die Buhne 3 und 4. Sie bewirkten bald eine Ver-

tiefung von 12 bis 20 Fuß, und den Anfang der Verlandung in dem zwischen ihnen liegenden Raume. Einen Monat nachher wurden die Buhnen 5 und 6 erbaut, und an die Stelle der vor diesen Buhnen liegenden, mit Gras und Gesträuche bewachsenen Insel trat ein 10 bis 12 Fuß tiefer Strom.

Einige Monate nachher baute man die Buhnen 7, 8 und 9, um die Vertiefung dieser Flußstrecke vollständig zu bewirken. Es war um so nothwendiger, weil davon die so wichtige Vertiefung an der Ziegelbrücke größtentheils abhieng. Ein alter Bau, welcher der Buhne 8 gegenüber lag, war schon vorher abgebrochen, mußte aber später noch sammt den Fundamenten beseitigt werden. Am Kopf der Buhne 8 bildete sich eine Tiefe von 20 Fuß und am Kopfe der Buhne 5 von 23 Fuß. Auch ein alter Uferbau, zunächst der Ziegelbrücke, mußte herausgebrochen werden, um dem Wasser der Maag den Eintritt in den Kanal zu erleichtern; die Richtung gab man dem Wasser durch die Buhne 10.

Mit diesen Buhnenbauten im Zusammenhange, mußte von der Ziegelbrücke abwärts ein 5000 Fuß langer Damm längs des linken Ufers des alten Flußbettes erbaut werden, indem sonst die Gegend von Niederurnen so lange den Ueberschwemmungen ausgesetzt gewesen wäre, als die Vertiefung des neuen Betts noch nicht erfolgt ist.

Als dieser sog. Ziegelbrückkanal der Linth eingeräumt wurde, sank das Wasser in den obern Bezirken um volle 3 Fuß. Die alte Linth wurde hierauf am untern Ende mit einer Steinschwelle geschlossen, um die Geschiebe darin zurückzuhalten und ihre Verlandung zu befördern.

Die an den Windecken erbauten Buhnen 1, 4, 5 und 6 hatten zwar den untern Theil der zwischen ihnen liegenden Kiesbank weggetrieben, aber da oberhalb an der Ausmündung des Ziegelbrückkanals der Fluß noch in das alte Linthbett ausweichen konnte, den obern Theil dieser Bank unangegriffen gelassen. Ein vom linkseitigen Damme flußaufwärts erbauter 200 Fuß langer Steinbau ergänzte die Wirkung der Buhnen und vernichtete die Kiesbank. Oberhalb der Buhne 2 wurde der Fluß noch durch eine neue Buhne beschränkt und von der mittlern Windecke bis zur Buhne 6 ein Streichwerk von Stein erbaut. Auch zwischen den Buhnen 1 und 7 und 7 und 8 wurden noch zwei weitere Buhnen ausgeführt, um sicherer zum Ziele zu gelangen.

Der Erfolg des ganzen Unternehmens war ein sehr günstiger. Die Ausführung begann im Jahr 1807 und war im Jahr 1823 vollendet, aber schon im Jahr 1810 konnten die Bewohner der Thalebene zwischen Niederurnen und Bilten sich wieder mit der Kultur ihrer versumpften Wiesen beschäftigen und die Bewohner der Stadt Wesen und Wallenstadt bei hohem Seestand in ihren Straßen gehen. Nachdem 1811 der Molliser Kanal der Linth eingeräumt war, befand sich dadurch mit einem Mal die ganze Ebene von Näfels bis Niederurnen vor allen Beschädigungen gesichert. Von Jahr zu Jahr wurde der Zustand immer besser, bis zuletzt die volle Senkung des Wallensees 6 Fuß und im Jahr 1823 8 Fuß war. Heute gehört die Gegend zu den fruchtbarsten der Schweiz. Die Kosten der ganzen Unternehmung betrugen nahe eine Million Schweizer Franken.

§. 23.

Die Rectification des Rheins von der Schweiz bis an die hessische Grenze.

a. Einleitung.

Vielleicht kein Strom hatte mehr den Charakter eines Wildstromes als gerade der Rhein. In unzähligen Krümmungen, die alle wieder so zerrissen waren, daß eine unendliche Masse von Inseln und Sandbänken sich zeigten, durchströmte er das weit ausgedehnte Rheinthal und verursachte häufige Ueberschwemmungen. Das öftere Wechseln des Stromlaufs bedrohte bald dieses bald jenes Ufer, ganze Gemarkungen wurden ein Raub des Stromes und selbst bewohnte Orte geriethen in Gefahr und mußten verlassen werden.

Da beide Ufer verschiedenen Staaten angehören, so konnte der Rheinbau, ehe eine Uebereinkunft oder ein Operationsplan zu Grunde lag, nur vertheidigungsweise geführt werden, und beschränkte sich deßhalb lediglich auf Bauanlagen an Stellen, wo die Uferabbrüche eine bedrohliche Gestalt annahmen. War die Gefahr abgewendet und der Strom warf seine Angriffe auf die andere Seite, so lag der gemachte Bau nutzlos und gab nicht selten Veranlassung, daß von dorther ein ähnlicher Bau aufgeführt wurde, um den Thalweg wieder zurückzuwerfen. Jeder Uferstaat sorgte nur für seine Ufer, es war kein Zusammenwirken, sondern nur ein planloses Hin- und Herwerfen des Thalwegs, was viel Geld kostete und nichts fruchtete, wenigstens den ausschweifenden Verheerungen des stets veränderlichen Hauptstromes nicht entgegen steuerte. Der Zustand des Stromlaufs mußte sich unter solchen Umständen eher verschlechtern als verbessern; das Bett der verschiedenen Arme und Gießen erhöhte sich immer mehr und mehr; diese selbst nahmen an Zahl eher zu als ab; die Hochwasser wurden gefährlicher, die Deiche mehr bedroht, die eingedeichten Ländereien verkümmerten durch die Vermehrung der Quellwasser nach und nach im Ertrag, die Sümpfe nahmen an Ausdehnung zu und selbst früher cultivirte Ländereien fielen gleichem Schicksale anheim.

Dabei waren aber die Kosten des Rheinbaues dennoch sehr groß, indem die Uferangriffe auch sehr heftig waren und der Aufwand für Bauten der Art, wo nach der Heftigkeit des Stromstrichs und der zunehmenden Tiefe die Mittel zur Abwehr der Gefahr bemessen werden müssen, sich in außerordentlicher Progression steigert. An Stellen, die jahrelang dem gewaltigsten Stromanfall preisgegeben waren und nicht aufgegeben werden durften, vergrößerte sich die Tiefe bis auf 80 und 90 Fuß und verengte sich das Bett immer mehr und mehr gegen den Bau hin, der gegen die immer heftiger werdenden Fluthen geschützt werden mußte, z. B. bei Breisach, Sasbach, Wyhl, Wittenweyer, Meißenheim, Altenheim, Kehl, Auenheim u. a. O. Sehr drohenden Gefahren konnte bei dieser Bauweise oft nur dadurch begegnet werden, daß Stromarme, die eine gefährliche Richtung für das Ufer annahmen und zugleich den Hauptstrom aufzunehmen drohten, förmlich abgeschlossen wurden, und die großartigsten Bauwerke dieser Art mußten zu diesem Zwecke ausgeführt werden. Wir erwähnen z. B. die Abschließungen bei Märkt,

Steinenstadt, Neuenburg und Plittersdorf und bemerken, daß der im Jahr 1817 ausgeführte Abschluß bei Neuenburg 500000 Gulden kostete.

Ein solcher Strombau, bei welchem man sich nur auf die Vertheidigung einzelner bedrohter Stellen beschränkte, und diese Bauten selbst wieder bald nach ihrer Vollendung durch Aenderung des Stromlaufes überflüssig und Vertheidigungen an anderen Stellen wieder nothwendig wurden, bei welchem die Stromverhältnisse von Jahr zu Jahr sich eher verschlimmerten statt verbesserten und dabei der Kostenaufwand sehr beträchtlich war, konnte auf die Länge nicht eingehalten werden und führte die Behörden der betreffenden Uferstaaten auf den Gedanken, durch ihre Ingenieure einen gemeinschaftlichen Operationsplan für den künftigen Rheinbau entwerfen zu lassen. Insbesondere war es der bad. Oberbaudirektor Tulla, welcher sich für die Rectification des Rheins dadurch sehr verdient machte, daß es ihm gelang mit den bayrischen und französischen Behörden im Jahr 1817 und 1820 ein Uebereinkommen abzuschließen, das von beiden Uferstaaten genehmigt wurde. Diesem Uebereinkommen lagen ausführliche Vorarbeiten zu Grunde, die Tulla in einer kleinen Schrift vom Jahre 1825 veröffentlichte und die wir hier folgen lassen.

b. Tulla's Abhandlung über die Rectification des Rheins von seinem Austritt aus der Schweiz bis zu seinem Eintritt in das Großherzogthum Hessen.

Der nachtheilige Zustand des Rheins, von seinem Austritte aus der Schweiz bis an die Grenze des Großherzogthums Hessen, verlangt, daß dieser Strom rectificirt werde.

Ueber 200,000 Bewohner an beiden Ufern sind bei der Rectification des Rheins, von der Schweiz bis zum Großherzogthum Hessen, unmittelbar und die übrigen Bewohner der Uferstaaten sind mittelbar interessirt.

Im Großherzogthum Baden befinden sich längs dem Rheinufer des gedachten Theils des Rheinlaufes: 8 Städte, 100 Dörfer und 8 Höfe, von welchen nur 3 Städte, 63 Dörfer und 3 Höfe sich ganz außerhalb den Ueberschwemmungen befinden, von den übrigen aber 2 Städte, 27 Dörfer und 3 Höfe ganz, und 3 Städte, 10 Dörfer und 2 Höfe zum Theil im Ueberschwemmungsgebiet liegen.

Die Bevölkerung jener 8 Städte, 100 Dörfer und 8 Höfe beträgt beiläufig 90000 Seelen, deren Wohl von dem Zustande des Rheins mehr oder weniger abhängt, je nachdem die Orte näher am Rhein, oder weiter von demselben entfernt im Ueberschwemmungsgebiet oder außerhalb demselben, und im erstern Falle tief, oder etwas erhaben liegen, und nach der Größe und Lage ihres in den Rheinniederungen befindlichen Geländes.

Von der Nothwendigkeit der Rectification des Rheins wird man vollkommen überzeugt, wenn man einen scharfen Blick auf die Vergangenheit, die Gegenwart und in die Zukunft wirft und wenn man denjenigen Zustand des Rheins und seines Ueberschwemmungsgebietes, wie er jetzt ist, sowie denjenigen, welcher, im Falle keine Rectification ausgeführt wird, später eintreten muß, mit dem Zustande vergleicht, welcher durch eine vollkommene Rectification theils gleich, anderntheils in der Zukunft erhalten wird.

1) Länge des Stromlaufes.

Die Länge des Stromlaufes oder die des Thalweges des Rheins ist veränderlich, bald etwas größer, bald etwas kleiner, je nachdem die Stromkrümmen sich vergrößern oder sich der Lauf durch Stromveränderungen verkürzt.

Es beträgt die Länge des Thalwegs in dem nicht rectificirten Theil des Rheins und die Länge des alten Thalwegs in denjenigen Distrikten, wo bereits Durchschnitte ausgeführt sind:

Von Hüningen bis Kehl	31 1/4	Stunden
„ Kehl bis Neuburg	17	„
„ Neuburg bis zur hessischen Grenze	30	„
	78 1/4	Stunden,

deren 25 einen Grad des Meridians machen.

Wird der Rhein rectificirt und ihm ein theils gerader, theils sanft gekrümmter Lauf angewiesen, so wird die Länge des Stromlaufs betragen:

Von Hüningen bis Kehl	26 2/4	Stunden
„ Kehl bis Neuburg	12 1/4	„
„ Neuburg bis zur hessischen Grenze	16 3/4	„
	55 2/4	Stunden.

Es wird daher der Lauf des Rheins verkürzt:

Von Hüningen bis Kehl	um	5	Stunden
„ Kehl bis Neuburg	„	4 3/4	„
„ Neuburg bis zur hess. Grenze	„	13 1/4	„
	Summa:	23	Stunden.

2) Fall des Rheins.

Es betrug der Fall des Rheins beim mittlern Wasserstand vor der Ausführung der Rheindurchschnitte bei Kehl und zwischen Neuburg und Leopoldshafen:

Von Basel bis Hüningen	11 1/2	Fuß
„ Hüningen bis Kehl	344 1/2	„
„ Kehl bis Neuburg	101	„
„ Neuburg bis Mannheim	54	„
„ Mannheim bis zur hessischen Grenze	5	„
Zusammen	516	Fuß.

Der Fall ist von Basel bis Hüningen am stärksten und so groß, daß auf die Länge einer Stunde 15 1/3 Fuß kommen. Es ist sodann der mittlere Fall auf die Länge einer Stunde von Hüningen bis Wittenweyer auf eine Länge von nahe 24 Stunden 12 Fuß. Von dem ehemaligen Dettenheim bis zur hessischen Grenze, auf eine Länge von 21 Stunden, beinahe ganz gleichförmig 15 1/2 Zoll auf die Stunde.

Der Uebergang von dem stärksten in den 8 mal schwächern Fall erfolgt nicht nach einem stetigen Gesetze, und es ist besonders bei Kehl der Wasserspiegel und das Bett des Rheins in die Höhe getrieben. Diese auffallende Erhöhung kann

nur nach und nach in einem sehr großen Zeitraume entstanden sein und ihr Anfang fand vielleicht vor mehreren Jahrhunderten statt.

Wird der Rhein rectificirt, so wird das Flußbett sich so vertiefen und der Wasserspiegel sich so senken, daß von Hüningen bis Leopoldshafen die Rheindämme ganz entbehrlich werden. Es wird der künftige höchste Wasserstand des Rheins, längs der französischen Grenze, von Groskems bis Lauterburg, an keiner Stelle bedeutend über den jetzigen niedersten Wasserstand steigen, in der Gegend von Kehl aber vielleicht 8 bis 10 Fuß unter demselben bleiben.

Da die sich einmündenden Flüsse sich auch in demselben Verhältnisse tiefer betten, in welchem der Rhein sein Strombett tiefer legt, so werden auch ihre Dämme auf bedeutende Entfernungen vom Rhein entbehrlich.

Für Straßburg und Kehl ist die Rectification des Rheins von besonderer Wichtigkeit, weil in jener Gegend das Zusammentreffen des Rheins mit sehr bedeutenden Flüssen, die Nachtheile der Hochgewässer sehr vergrößert, durch die Rectification des Rheins aber die Ableitung der Kinzig und der Ill nach jeder Richtung thunlich wird.

Aehnliche nachtheilige Stromkrümmungen, wie solche längs der badischen und bairischen Grenze bestehen, befinden sich im Stromlauf durch das Großherzogthum Hessen bei Lampertheim und zwischen Rheintürkheim und Oppenheim.

In Berücksichtigung, daß durch die Rectification des Oberrheins die Wassermenge bei Hochgewässern vergrößert wird, und alle Nachtheile, welche hieraus entstehen, wachsen; daß bedeutende Verkürzungen des Stromlaufs den Abfluß befördern und dadurch die Nachtheile einer größern Wassermasse vermindern oder ganz aufheben, auf jeden Fall aber den mittlern Wasserstand bedeutend senken und dadurch die Entwässerung des Binnenlandes beschleunigen, ist die Abschneidung der im Großherzogthum Hessen befindlichen Stromkrümmen, vermittelst einiger Durchschnitte, von besonderer Wichtigkeit.

Wird der Rhein im Großherzogthum Hessen ebenfalls rectificirt, so werden aller Wahrscheinlichkeit nach die Rheindämme bei Speyer aufwärts entbehrlich werden.

3) Unterschiede des höchsten, mittlern und niedersten Wasserstandes des Rheins.

Der Unterschied des höchsten und niedersten Wasserstandes hängt von der Wassermenge, dem Gefälle, der Geschlossenheit des Profils ꝛc. ab und ist im veränderlichen Bett auch etwas veränderlich.

Die größten Unterschiede des höchsten und niedersten Wasserstandes sind die zu Basel und Mannheim und betragen zu Basel $20\frac{1}{3}$ und zu Mannheim gegen 23 Fuß.

Die kleinsten Unterschiede des höchsten und niedersten Wasserstandes finden in denjenigen Gegenden statt, wo das Gefälle stark, der Strom sehr getheilt und nicht durch Dämme beengt ist, sie betragen 12 bis 13 Fuß. In ziemlich geschlossenem Bett ist der Unterschied des mittlern und niedersten Wasserstandes beiläufig $\frac{1}{3}$ des Unterschiedes des höchsten und niedersten Wasserstandes.

Wird der Rhein rectificirt, so wird der Unterschied des höchsten und niedersten Wasserstandes, welcher 18 und 19 Fuß bei Hüningen beträgt, von Distanz zu Distanz, bis Mannheim zunehmen und bei Mannheim 24 und 26 Fuß betragen, je nachdem die Breite und die Entfernung der Dämme des rectificirten Rheins bestimmt wird.

4) Tiefe des Rheins.

Die Tiefe des unregulirten Rheins ist im freien Zustande des Stroms nicht allein sehr verschieden, sondern auch in demjenigen Verhältniß veränderlich, wie es das Bett des Stroms ist. Es beträgt im freien Strom, beim niedersten Wasserstande in der Strecke von Hüningen bis Altbreisach die geringste Tiefe $2\frac{1}{2}$ bis 3 Fuß und die größte 12 bis 15 Fuß, diese Tiefen nehmen sodann nach und nach stromabwärts zu, so daß in der Strecke von Germersheim bis Mannheim die geringste Tiefe 6 bis 8 Fuß, die größte 20 bis 25 Fuß beträgt. Vor Uferbauten ist die Tiefe sehr verschieden und man hat schon Fälle gehabt, wo solche 70 bis 80 Fuß und darüber betragen hat.

Im rectificirten Rhein hängt die Stromtiefe von der Breite ab, welche dem Bett angewiesen wird und man wird, wenn das Strombett weder zu enge noch zu weit bestimmt wird, beim tiefsten Wasserstande eine mittlere Tiefe erhalten, welche in den oberen Gegenden etwas größer und in den unteren Gegenden um weniges kleiner als die eben gedachte kleinste Tiefe ist.

5) Breite des Rheins.

Die Breite des Rheins beträgt zu Basel:

a) beim höchsten Wasserstand 670 Fuß,
b) „ niedersten „ 500 „

Bei Hüningen beim hohen Wasserstand ist sie im Mittel 850 Fuß, wird aber gleich unterhalb Hüningen größer und erreicht beinahe 1100 Fuß.

Von Hüningen bis zur hessischen Grenze beträgt die mittlere Breite des Hauptstroms bei einem den Ufern zu gleich stehenden Wasserstand, im Mittel nahe 1330 Fuß und es ist solche in den einzelnen Districten folgende:

Von Hüningen bis Kehl	1250 Fuß.
„ Kehl bis Neuburg	1520 „
„ Neuburg bis an die hess. Grenze	1290 „

Die große Breite ist eine Folge der in dem Bett liegenden Kiesbänke und es erfordert daher ein rectificirtes Bett, in welchem die Geschwindigkeit größer ist, der Abfluß des Wassers ungehinderter erfolgt und in welchem keine Kiesbänke entstehen können, eine bedeutend geringere Breite.

Man wird die mittlere Breite des rectificirten Rheins beim höchsten Wasserstand zu beiläufig 1000 Fuß annehmen können.

6) Geschwindigkeit des Rheins.

In gleichem Maße, in welchem im unregulirten Rhein das Gefälle und die Tiefe verschieden sind, ist es auch die Geschwindigkeit.

Beim höchsten Wasserstand beträgt die mittlere Geschwindigkeit zu Basel beiläufig 14 Fuß und bei Mannheim nahe an 5 Fuß in jeder Secunde.

Beim niedersten Wasserstand wird die Geschwindigkeit bei Basel etwas mehr als um die Hälfte, bei Mannheim aber nahe auf die Hälfte vermindert.

Im rectificirten Rhein wird die Geschwindigkeit größer; es wird aber die Vergrößerung nur in denjenigen Gegenden bedeutend zunehmen, in welchen der Stromlauf sehr verkürzt wird, also am meisten längs der bayrischen Grenze.

7) Wassermenge des Rheins.

Die im Rhein, beim niedersten, beim mittlern und beim höchsten Wasserstand, in jeder Zeitsecunde abfließende Wassermenge, ist ebenso, wie in allen Bächen und Flüssen, sehr verschieden.

Zu Basel wird nach angestellten Berechnungen die in jeder Secunde abfließende Wassermenge betragen:

a)	beim höchsten	Wasserstand	220000	bis 230000	Kubikfuß,
b)	„ mittlern	„	31000	„ 33000	„
c)	„ niedersten	„	12000	„ 13000	„

Die Hochwassermenge ist also 18 mal größer als die niederste Wassermenge.

Zu Mannheim beträgt:

a)	die höchste Wassermenge ohngefähr	200000	Kubikfuß,
b)	beim mittlern Wasserstand nahe .	43000	„
c)	„ niedersten „ „ .	18500	„

Nach der vollkommenen Beendigung der Rectification des Rheins wird die im rectificirten Strombett abfließende Wassermenge nur bei hohen Wasserständen und insbesondere bei dem höchsten Wasserstand, bei mittlerm und niederstem aber nicht geändert.

Die Vergrößerung der beim höchsten Wasserstand abfließenden Wassermenge kann in allen denjenigen Gegenden, in welchen der Wasserspiegel sehr bedeutend gesenkt wird, unbeachtet bleiben; in den untern Gegenden, wo dieses der Fall nicht ist, müssen den Querprofilen diejenigen Abmessungen oder Dimensionen gegeben werden, welche die vergrößerte Wassermenge erfordert, wenn diese nicht schädlicher als die ehemalige Wassermenge werden soll.

8) Bett des Rheins.

Das Bett des Rheins geht von einem regelmäßigen und einfachen Zustande, in welchem es bei Hüningen ist, ¾ Stunden unterhalb Hüningen, in das Bett eines Wildstroms über; längs dem Gebirge von Istein bis Böllingen ist das Rheinbett wiederum etwas mehr formirt, gleich unter Böllingen geht es abermals in das Bett eines Wildstroms über und behält diese Eigenschaft bis in die Gegend von Rheinau und Wittenweyer; hier fängt der Rhein an sein Bett etwas mehr und zwar bis zum Ausfluß der Murg hin zu bilden, erst beim Ausfluß der Murg fängt der Rhein an, ein ganz formirter Strom zu werden.

Wie sehr das Rheinbett in den oberen Gegenden getheilt ist, erhellt daraus, daß sich an großen und kleinen Rheininseln in demselben befinden:

Von Hüningen bis an die Wittenweyer Banngrenze unterhalb Rheinau . . . . 1225 Inseln.
Von Wittenweyer bis Kehl . . . . 404 „
Von Kehl bis zur Mündung der Murg . . . . 526 „
Von der Mündung der Murg bis zur hessischen Grenze . . 63 „

Zus. 2218 Inseln,

wobei indeß bemerkt werden muß, daß jeder kleine, auf den Karten als umflossen angedeutete Theil mitgezählt wurde.

Nach einem ebenfalls nach Karten gemachten Ueberschlag betrug die Fläche des Rheinbettes, nämlich die Fläche des Wassers und der Kiesbänke im Hauptstrom und in den Nebenarmen, vor der Ausführung der Durchschnitte bei Kehl und zwischen Neuburg und Leopoldshafen 59000 Morgen bad. Maß.

Hievon befinden sich längs der französischen Grenze . . 42500 Morgen,
und längs der bayrischen Grenze . . . . 16500 „

Zus. 59000 Morgen,

und zwar

1) längs der französischen Grenze:
a) in dem Bett des Hauptrheins . . . . 24200 Morgen,
b) „ „ „ der Nebenarme . . . . 18300 „
Zus. 42500 Morgen.

2) Längs der bayrischen Grenze:
a) in dem Bett des Hauptrheins . . . . 14350 Morgen,
b) „ „ „ der Nebenarme . . . . 2150 „
Zus. 16500 Morgen.

Es enthält also auf die ganze Länge der französ. und bayrischen Grenze:
a) das Bett des Hauptrheins . . . . 38550 Morgen,
b) „ „ der Nebenarme . . . . 20450 „
Zus. 59000 Morgen.

Wird der Rhein rectificirt, so werden vermittelst Durchstichen die Stromkrümmen abgeschnitten, es fällt daher sowohl ein Theil des jetzt bestehenden Landes, als auch ein Theil des alten Flußbetts in das Bett des rectificirten Rheins.

Der größere Theil der von dem gegenwärtigen Rheinbett in das rectificirte Bett fallenden Fläche trifft den Hauptstrom, der geringere Theil die Nebenarme.

Nachfolgende Angaben sind nur als annähernd anzusehen.

Es dürfte in das Bett des rectificirten Rheins fallen:

1) Längs der französ. Grenze
a) an bestehendem Lande . . . . 7050 Morgen,
b) „ „ Strombett . . . . 7200 „
Zus. 14250 Morgen.

2) Längs der bayrischen Grenze:
a) an bestehendem Lande . . . . 4300 Morgen,
b) „ „ Strombett . . . . 2200 „
Zus. 6500 Morgen.

Daher werden von dem Bette des Hauptstroms, außerhalb dem rectificirten Stromlauf, fallen:

a) längs der französ. Grenze wenigstens 24000 weniger 7200 17000 Morgen,
b) längs der bayr. Grenze 14350 weniger 2200 . 12150 „

Zus. 29150 Morgen,

oder rund: 29200 Morgen.

Vorgedachte 29200 Morgen des alten Rheinbetts können nicht ganz zur Verlandung gebracht werden, weil man den sich einmündenden Flüssen, wie z. B. dem Neckar, der Murg, der Kinzig, Ill ꝛc. von ihren jetzigen bis zu ihren künftigen Mündungen einen Theil des alten Rheinbettes als eigenes Bett belassen muß.

Die hierzu erforderliche Fläche wird man im Ganzen zu 1200 Morgen anschlagen können; zieht man diese von obigen 29200 Morgen ab, so verbleiben für die Verlandung 28000 Morgen und zwar:

a) längs der französ. Grenze 17000 — 850 = 16150 Morgen,
b) längs der bayr. Grenze 12200 — 350 = 11850 „

Zus. 28000 Morgen,

von welchen beiläufig die Hälfte an das Großherzogthum Baden fällt, nämlich:

längs der französ. Grenze . . . . 8075 Morgen,
längs der bayr. Grenze . . . . 5925 „

Zus. 14000 Morgen.

Die Nebenarme betragen:

längs der französ. Grenze . . . . 18300 Morgen,
längs der bayr. Grenze . . . . 2150 „

Zus. 20450 Morgen.

Man kann annehmen, daß hiervon noch ein Theil zum Abzug des Binnenwassers belassen werden müsse und daher die zur Verlandung gebracht werdenden Nebenarme und früheren Altwasser in runder Zahl setzen:

längs der französ. Grenze . . . . 18000 Morgen,
längs der bayr. Grenze . . . . 2000 „

Zus. 20000 Morgen,

von welchen etwas mehr als die Hälfte an Baden fallen wird.

Hiernach ergibt sich nun die ganze, durch die Rectification des Rheins von Hüningen bis zur hessischen Grenze zur Verlandung gebracht werdende Fläche:

vom Bett des Hauptstroms . . . . 28000 Morgen,
„ „ der Nebenarme . . . . 20000 „

Zus. 48000 Morgen.

Zum neuen Rheinbett wird an bestehendem Land verwendet:

a) längs der französ. Grenze . . . . 7050 Morgen,
b) längs der bayr. Grenze . . . . 4300 „

Zus. 11350 Morgen.

Werden diese von denen zur Verlandung gebracht werdenden 48000 Morgen abgezogen, so bleiben 36650 Morgen, um welche das Land, längs den beiden Rheinufern, größer wird, als es früher war.

Die Verlandung der bereits bestehenden und der durch die Rectification des Rheins entstehenden Altwasser, sowie die der Nebenarme, erfolgt mehr oder weniger schnell, je nachdem der Wasserspiegel des Rheins mehr oder weniger schnell und tief gesenkt wird, und mehr oder weniger Mittel, als Pflanzungen, welche die Verlandung befördern, angewandt werden.

Im unrectificirten und freien Zustand des Rheins hat die Verlandung der Altwasser in den untern Gegenden sehr lange gebauert, indem zu einer Anschlammung von 1′ mittlerer Höhe nach Umständen 5—7 Jahre erforderlich waren.

Wenn man den Werth für den Morgen eines vollkommen verlandeten Rheinbetts zu 200 Gulden annimmt, so beträgt der künftige Werth der Verlandungen auf dem rechten Rheinufer:

1) von 14000 Morgen, welche von dem Bett des Hauptstroms erhalten werden	2800000 fl.
2) von wenigstens 10000 Morgen, welche durch Verlandung der Nebenarme erhalten werden	2000000 fl.
Zus.	4800000 fl.

9) Ueberschwemmungsgebiet des Rheins.

Das im Ueberschwemmungsgebiet des Rheins liegende Land ist ohne Ausnahme aufgeschwemmtes oder in alten Flußbetten entstandenes Land; seine Grenzen bilden die Hochgestade, welche das ehemalige Spiel des Rheins deutlich zeigen.

Es ist das im Ueberschwemmungsgebiet des Rheins liegende Land rücksichtlich seiner Güte sehr verschieden; seine Unterlage ist größtentheils Kies, an der Oberfläche besteht es theils aus sehr fruchtbarer Dammerde, theils aus Sand, Kies und Torf. Vieles Gelände würde besser sein, wenn bei dessen Benutzung auf die Beförderung der Anschlammung Rücksicht genommen worden wäre.

Der beste Grund konnte, wenn er eine zu tiefe Lage hatte, bisher nicht kultivirt werden. Künstliche Wässerungs-Anstalten sind äußerst selten.

Das gegenwärtig in dem Ueberschwemmungsgebiet des Rheins liegende Gelände beträgt auf dem rechten Ufer des Stroms zusammen 156000 Morgen.

Das badische Ueberschwemmungsgebiet beträgt auf die Länge einer Stunde des rectificirten Laufs im Mittel:

Von Hüningen bis Kehl	1640 Morgen.
„ Kehl bis Neuburg	3920 „
„ Neuburg bis zur hessischen Grenze	3880 „

Das französische Ueberschwemmungsgebiet längs dem linken Rheinufer wird, aller Wahrscheinlichkeit nach, bedeutend größer, als das ihm gegenüber liegende badische sein, und das bayrische Ueberschwemmungsgebiet ist beiläufig 7000 Morgen größer, als das badische längs der bayrischen Grenze. Durch die vollkommene Rectification des Rheins werden auf dem rechten Rheinufer über 100000 Morgen den Ueberschwemmungen des Rheins ganz entzogen.

Diese Befreiung von Ueberschwemmungen ist für alle diejenigen Gelände, welche keiner Anschlammung bedürfen und welche bereits kultivirt sind, und die bei weitem den größten Theil ausmachen, sehr vortheilhaft; für die andern Gelände können die sich in den Rhein ergießenden Flüsse, und auch selbst der Rhein, zur Bewässerung benutzt werden, und der Kulturzustand der Rheinniederungen wird sich aus diesem und dem weitern Grund, daß das Eigenthum, der Ertrag desselben und die Verwendungen für Verbesserungen gesichert sind, nach und nach bedeutend, ja sogar in manchen Gegenden außerordentlich erhöhen.

Nach der Rectification des Rheins dürften von dem im badischen Ueberschwemmungsgebiet gegenwärtig bestehenden Gelände $^2/_3$ längs der französischen und $^4/_5$ längs der bayrischen Grenze, also:

längs der französ. Grenze	60000	Morgen,
„ „ bayrischen Grenze	50000	„
Zus.	110000	Morgen,

als kultivirtes Land bestehen. Dieses Land muß wegen des Schutzes gegen Zerstörungen und Ueberschwemmungen ꝛc. einen größeren reinen Ertrag geben.

Der reine Mehrertrag dieses Geländes kann im Mittel jährlich zu 4 Gulden per Morgen und daher für 110000 Morgen zu 440000 Gulden angenommen werden, dieß gibt zu 5 Prozent Zinsen den Kapitalzins von 8800000 Gulden.

10) Folgen der Hochgewässer, der anhaltend hohen Wasserstände und der Eisgänge.

Die ältere und neuere Geschichte und die jüngsten Erfahrungen beweisen, wie zerstörend der Rhein durch seine Hochgewässer und Eisgänge von Zeit zu Zeit wird.

Der Schaden, welchen die Rheinuferbewohner in den Jahren 1816 bis 1820 erlitten, betrug:

in dem Landamt Karlsruhe	468490	fl.
„ „ „ Philippsburg	178064	„
Zus.	646554	fl.

Der Schaden längs dem ganzen Rhein betrug hiernach in demselben Zeitraum wenigstens 2000000 Gulden.

Auch lang andauernde hohe Wasserstände verursachen großen Schaden dadurch, daß sie die Ableitung des Binnenwassers hindern und Quellwasser erzeugen.

Besondere Beschädigungen durch Eisgänge haben zwar seit langer Zeit nur an Strombauten stattgefunden, aber Gefahr drohte den Rheindämmen an mehreren Stellen, ohnerachtet keiner der letzteren Eisgänge so stark war; bedeutende Eisgänge im unrectificirten Rhein werden daher die Rhein-Niederungen und die in denselben liegenden Orte immer gefährden.

11) Rectification des Rheins zwischen Neuburg und Leopoldshafen.

Um den Nachtheilen, welche aus dem ungünstigen Stromlauf des Rheins, zwischen Neuburg und dem ehemaligen Dettenheim entstanden sind, auf eine voll-

ständige Art abzuhelfen, kamen die Uferstaaten Baden und Bayern im Jahr 1817 überein, dem Strom einen regelmäßigen Lauf anzuweisen.

Es wurden zu diesem Ende 6 Durchschnitte, welche zusammen eine Länge von 28280 Fuß haben, ausgehoben und der Stromlauf von $5^3/_4$ Stunden Länge auf eine Länge von $3\,^1/_8$ Stunden reducirt. In 5 dieser Durchschnitte befindet sich bereits der Thalweg des Rheins (1825) und der 6te und unterste dürfte den Hauptstrom demnächst aufnehmen.

Das alte Flußbett hat sich bei 4 der abgeschnittenen Stromkrümmen in der Nähe der Einmündungen der Durchschnitte so verschüttet, daß solches bei einem sehr niedern Wasserstand trocken wird und der Wasserabfluß im alten Bett aufhört.

Ueber die Nützlichkeit dieser Durchschnitte hat ihre Wirkung während einiger frühern und insbesondere während der letzten Hochgewässer im Oktober und November verflossenen Jahres unwidersprechlich entschieden. Ohnerachtet das neue Rheinbett seiner ganzen Länge nach noch nicht vollkommen gebildet ist, so blieb dennoch der höchste Wasserstand des Rheins zwischen Darland und Knielingen gegen 5′ niederer, als er ohne die Rheindurchschnitte geworden wäre.

Ohne diese Verminderung des Wasserstandes würde es nicht möglich gewesen sein, das Durchbrechen der Rheindämme, sowohl auf dem rechten wie auf dem linken Ufer zu verwehren; es würden sämmtliche Rheinniederungen überschwemmt und viele Orte unter Wasser gesetzt worden sein.

13) Aufwand für den Rheinbau, wenn der Rhein nicht rectificirt wird.

Diesen Aufwand berechnet Tulla für jedes Jahr:

a) längs der französ. Grenze	. . . .	225000 fl.
b) „ „ bayrischen Grenze	. . . .	95000 „
	Zus.	320000 fl.

Würde dieser jährliche Aufwand aus den Zinsen eines Kapitals bestritten, so müßte, wenn 5 % Zinse erhalten werden, dieses Kapital betragen 21 × 320000, also: 6720000 Gulden.

14) Aufwand für den Rheinbau bei einer vollkommenen Rectification.

Wenn der Rhein vollkommen rectificirt wird, so besteht der Gesammtaufwand für den Rheinbau:

a) in dem Aufwand für die Rectification und
b) in dem Aufwand für die Rheinbauten in denjenigen Stromstrecken, in welchen der Rhein seinen alten Lauf noch hat, oder in welchen die Rectification noch nicht eingetreten ist.

Der Aufwand für die Rectification theilt sich in den Aufwand für die Herstellung des neuen Laufes und in den für die fortwährende Feststellung desselben.

Die Kosten der Herstellung des regulirten Stromlaufes enthalten:

1. Die Entschädigung für die in das neue Rheinbett und in das Dammbett der neuen Dämme fallenden Güter, sowie für diejenigen, welche ausgedeicht werden und einen Minderwerth erhalten.

2. Die Kosten der Ausgrabung der Durchschnitte.

3. Die Verwendungen für neue Dammanlagen und Dammschleifungen.

4. Die Kosten der erforderlichen Einleitungsbauten, als Schöpfwerke, Zukribbungen.

Der Aufwand für die Unterhaltung des neuen Laufes besteht vorzüglich in den Kosten, welche die Uferdeckungen entweder durch die Faschinen- oder Steinbauten erfordern. Während der Herstellung des rectificirten Laufes in einer Gegend dauern in denjenigen Gegenden, in welchen der Rhein weder schon rectificirt, noch in der Rectification begriffen ist, die früheren Verhältnisse fort, und daher bleibt auch derselbe Bedarf für den Rheinbau wie vorher.

Für die Rectification des Rheins längs der französischen Grenze wird der Zeitraum, in welchem sämmtliche Durchschnitte auszuführen sind und der Rhein in ein regelmäßiges Bett zu weisen ist, nicht wohl kürzer als zu 20 Jahren angenommen werden können. In dieser und der weitern Unterstellung, daß beiläufig jährlich ein gleich großer Distrikt von nahe an 2 Stunden in Ausführung genommen, daß die Ufer des neuen Strombetts durch Faschinen- und Steinbauten nach Erforderniß gedeckt und unterhalten werden, und endlich, daß sich der Aufwand im unregulirten Strom in demselben Verhältniß vermindere, in welchem die Rectification vorrückt, ist der unten folgende Kostenaufwand berechnet worden.

Der von Baden zu bestreitende Aufwand dürfte zu Anfang der Rectification des Rheins und resp. Fortsetzung derselben nachfolgende baare Werthe in runden Zahlen haben:

Von Hüningen bis zur hessischen Grenze

a) für die Rectification des Rheins:		
1. Herstellung des neuen Laufs		2310000 fl.
2. Herstellung und fortwährende Unterhaltung der Uferdeckungen		3290000 „
	Zus.	5600000 fl.
b) für den Rheinbau im unregulirten Bett		1635000 „
	Zus.	7235000 fl.

Der Kapitalfond zur Bestreitung von jährlich 60000 Gulden, welche nach vollendeter Rectification für Erhaltung der Uferdeckungen längs der französischen Grenze nöthig werden, ist 1200000 Gulden, und dessen baarer Werth, da er erst nach 49 Jahren erforderlich wäre: 110000 Gulden. Würden diese 110000 Gulden vom baaren Werth sämmtlicher Verwendungen längs der französischen Grenze im Betrag von 5430000 Gulden abgezogen, so bleiben 5320000 Gulden, welche Summe in einem Zeitraume von 50 Jahren mit ihren Zinsen zu verwenden ist.

Die jährliche Gesammtverwendung für die Rectification des Rheins und den Bau im alten Strombett, welche sich nach den oben angeführten Annahmen der Ausführung der Durchschnitte in einem Zeitraume von 20 Jahren ergeben werden, dürften folgende sein:

Vom	1ten	bis	6ten	Jahre	295000 fl.
„	7ten	„	12ten	„	355000 „
„	13ten	„	18ten	„	335000 „

Vom	19ten	bis	24sten	Jahre	265000 fl.
„	25sten	„	30sten	„	215000 „
„	31sten	„	36sten	„	165000 „
„	37sten	„	42sten	„	130000 „
„	43sten	„	50sten	„	90000 „

nach 50 Jahren tritt für die Erhaltung des Strombetts eine jährliche Ausgabe von beiläufig 60000 Gulden ein.

Längs der bayrischen Grenze dürften, bei Fortsetzung der Rectification des Rheins, die Verwendungen betragen:

Vom 1sten bis 7ten Jahr jährlich	150000 fl.
„ 7ten bis 18ten „ „	120000 „
und nach 29 Jahren für die fortwährende Unterhaltung jährlich	20000 „

Der baare Werth des Gesammtaufwandes für die ganze Länge von Hüningen bis zur hessischen Grenze ist:

a) bei der Rectification des Rheins	7235000 fl.
b) wenn der Rhein nicht rectificirt wird	6720000 „
Unterschied	515000 fl.

In den letztverflossenen 8 Jahren wurden im Mittel jährlich 288000 Gulden verwendet; nimmt man an, daß auch in Zukunft nicht mehr als diese Summe jährlich verwendet werde, so wäre der dazu erforderliche Fond:

$$21 \,.\, 288000 = 6048000 \text{ fl.}$$

Es ist aber der baare Werth der Gesammtverwendung bei der Rectification 7235000 Gulden, folglich der baare Werth des Mehraufwandes für die Rectification 1187000 Gulden.

15) Gewinn durch die Rectification des Rheins.

Ebenso, wie bei den Verwendungen, ist auch hier der künftige Werth des Gewinns und der gegenwärtige oder baare Werth desselben zu unterscheiden.

Ein Theil des Gewinns fließt dem Staate, der andere Theil den Rheinufer-Bewohnern zu.

Da alles Gelände in den Rheinniederungen ehemals, jedoch zu verschiedenen Zeiten, Flußbett war, so kann jedes Rheinbett, welches zur Verlandung gebracht wird, seiner Zeit eben so gutes Land werden, als es das aus alten Verlandungen bereits bestehende Land im Durchschnitte ist.

Bei den Werthbestimmungen der Verlandungen wurde angenommen, daß die Verlandung im Mittel in einem Zeitraum von 50 Jahren nach Entstehung eines Altwassers vollkommen erfolge, daß ein Morgen Altwasser im ersten Jahre, in welchem er in die Eigenschaft eines Altwassers tritt, 0,1 fl. ertrage, und dieser Ertrag nach und nach in 50 Jahren in einer arith. Reihe zunehme und im 50sten Jahre 5 Gulden betrage, und endlich, daß nach 50 Jahren das angelegte Land kultivirt werden könne und dann der Werth eines Morgens 200 Gulden betrage.

Unter dieser und der weitern Annahme, daß während der Rectificirung jährlich ein gleich großer Theil des Strombetts in die Eigenschaft eines Altwassers übergehe, so ist der baare Werth der Verlandungen berechnet worden.

Es ergibt sich ein Gewinn für den Staat:

a) durch Verlandung von 14000 Morgen Altwasser . . . (baarer Werth),	492000 fl.
b) durch Erleichterung der Schifffahrt	500000 fl.
Gewinn der Rheinuferbewohner:	
a) durch Verlandung von 10000 Morgen Rheinarme . .	370000 fl.
b) durch reinen Mehrertrag von 11000 Morgen Land in den Rheinniederungen	4556000 fl.
	5918000 fl.

Man kann hiernach in runden Zahlen annähernd annehmen, daß der baare Werth betrage:

des Gewinns des Staats	1 Mill. Gulden.
„ „ der Rheinuferbewohner	5 „ „
	6 Mill. Gulden.

Der baare Werth des für die Rectification des Rheins erforderlichen Mehraufwandes wurde zu 1187000 Gulden über den des bisherigen Aufwandes gefunden, wenn nämlich jährlich 288000 Gulden verwendet werden.

Der baare Werth des Gesammtgewinns ist	5918000 fl.,
wird hiervon der Mehraufwand	1187000 fl.
abgezogen, so bleiben	4771000 fl.

reiner Gewinn übrig.

c. Ausführung der Rectification nach dem gemeinschaftlichen Operationsplane.

Nach der mit dem Königreich Bayern abgeschlossenen Uebereinkunft vom Jahre 1817 wurden folgende 6 Durchstiche ausgeführt:

1. der Neuburger (1817 eröffnet),
2. der Darlander (1822),
3. der Pforzer (1818),
4. der Knielinger (1817),
5. der Wörther (1819),
6. der Neu-Pforzer (1818).

Den nunmehr folgenden Durchstichen liegt die weitere Uebereinkunft vom Jahr 1825 zu Grunde, welche jedoch 1832 noch wesentlich geändert wurde. Es waren:

7. der Linkenheimer Durchstich (1826),
8. der Leinersheimer (1828),
9. der Germersheimer (1827),
10. der erste Rheinsheimer (1827),
11. der zweite Rheinsheimer (1826),
12. der Mechtersheimer (1838),

13. der Rheinhauser (1840),
14. der Angelhofer (1827),
15. der Otterstätter (1832),
16. der Ketscher (1832),
17. der Friesenheimer (1828).

Die meisten Durchstiche nahmen schon nach 4—6 Jahren den Hauptstrom auf.

Der Vertrag mit Frankreich vom Jahr 1820 hatte nur wenig Erfolg. Er bezog sich auch zunächst nur auf die Stromstrecken bei Straßburg-Kehl und bei Selz-Plittersdorf, jede 1½ bis 2 Stunden lang. Erst in den Jahren 1836 und 1837 fand diese wichtige Angelegenheit mehr Eingang; es wurde ein allgemeiner Plan zur Regulirung des Stromes angefertigt und im Jahre 1840 eine Verständigung der Regierungen beider Uferstaaten herbeigeführt. Insbesondere wurde dabei die Bestimmung getroffen, daß die Bauten an jedem Ufer des Rheins künftig nur vertheidigungsweise, aber auf eine solche Art ausgeführt werden sollen, daß nach und nach eine Regulirung des Stromlaufs nach der gegebenen Linie zu Stande gebracht werde. Die eigentlichen Arbeiten begannen im Jahre 1842 unter der umsichtigen Leitung des badischen Oberbauraths Sauerbeck.

An Durchstichen wurden ausgeführt in dem Zeitraum von 1842 — 1850:

18. der Moderer Durchstich,
19. der Plittersdorfer,
20. der Selser,
21. der Hägelsheimer,
22. der Helmlinger,
23. der Kehler,
24. der Altenheimer,
25. der Oberhauser,
26. der Breisacher (unter der Stadt),
27. „ „ (ober der Stadt),
28. der Neuenburger.

Alle benannten Durchstiche haben bereits den Thalweg aufgenommen.

Um anschaulich zu machen, welche günstige Veränderungen der Rheinlauf durch das gemeinsame Vorgehen beider Regierungen nach gleichen Grundsätzen erfahren hat, wurde von der badischen Ingenieur-Behörde der Stromlauf längs der bad.-franz. Grenze vom Jahr 1838 in 18 Blättern, und ebenso auch vom Jahre 1852 in der gleichen Anzahl von Blättern im Drucke herausgegeben. Die Taf. VII. enthält einen Theil dieser Aufnahmen von Wintersdorf bis Illingen.

Nach diesen günstigen Resultaten ist nicht zu zweifeln, daß nach weitern 10 Jahren bei gleichem Fortschreiten beider Uferstaaten das vorgesteckte Ziel erreicht und der Strom in einem ungetheilten Bette seine ganze Wassermasse ruhig und ohne Gefahr für die beiden Ufer abführen wird; diese letztern würden bis dahin normalmäßig mit Steinen abgepflastert sein und können sodann auf einfache Weise unterhalten werden.

Besonders auffallend tritt aus der Betrachtung dieser neuen Aufnahme vom Jahr 1852 die außerordentliche Verlandung hervor.

Annähernd betragen die Flächen der alten Rinnsale des Stromes, der Seitenarme und Gießen und übrigen todten Wasser zu beiden Seiten des künftigen regulirten Stromlaufes längs der bad.-franz. Grenze, welche s. Z. zur Verlandung und in kulturfähiges Gelände übergehen, mit Einschluß der bis jetzt schon abgelagerten Kiesbänke, so weit die Gemarkungen badischen Gemeinden zugehören, 18000 Morgen, wovon 13000 Morgen auf dem rechten und 5000 Morgen auf dem linken Ufer liegen. Diese Flächen sind als Zuwachs zu den Gemarkungen dieser Gemeinden zu betrachten. Weitere Vortheile der Rectification sind aber auch noch die, daß durch die Senkung der Wasserspiegel des Rheins und der Binnenflüsse und Bäche große versumpfte Ländereien trocken gelegt werden und die Schiffbarkeit des Stroms in der ganzen Ausdehnung seines Laufes vollkommen erreicht wird.

Die Regulirung des Rheins liefert den Beweis, daß Ströme im verwildertsten Zustande ebenso gut wie kleinere Flüsse in einen geregelten Zustand gebracht werden können, wenn sie nur einer richtigen Behandlung unterworfen werden.

Die Behandlungsweise des Rheinstromes hat sich nach und nach durch Erfahrungen regulirt und bestund der Hauptsache nach bisher darin: daß man die durch die Conventionen vom Jahr 1817 und 1840 bestimmten Uferlinien herzustellen und zu erhalten suchte. Fielen diese Uferlinien in das Strombett selbst, so baute man Streichwerke, war dieß nicht der Fall, so wurden Durchstiche gegraben. Bei Anlage der ersteren suchte man fast immer den Zeitpunkt abzuwarten, wo sich an die Baustelle eine Kiesbank anlegte und der Bau aus Kies im Trockenen aufgeführt und mit Steinen oder Faschinen verkleidet werden konnte.*) Erfolgte später der Angriff der Bank und vertiefte sich die Sohle, so fing man an, den Fuß des Dammes mit Senkfaschinen zu decken. Ein solches Verfahren konnte deßhalb eingehalten werden, weil die in Entfernungen von 250—300 M. in dem Rheinbett liegenden Kiesbänke jedes Jahr um eine Station weiter vorrücken und gewöhnlich ihr Material da liegen lassen, wo noch Unregelmäßigkeiten und Verbreiterungen vorkommen.

Machte man Durchstiche, so ließ man die Ufer bis auf die Normallinien einbrechen und fing an, den Fuß derselben mit Senkfaschinen zu decken. War dieß beendigt, so wurden die Uferböschungen hergestellt und mit Steinen abgepflastert.

Nebst diesen Hauptarbeiten suchte man stets auf Verlandung der verlassenen Stromarme hinzuwirken, indem man solche theils durch weitere Coupirungen an den untern Ausmündungen zubaute, theils Fangbuhnen anlegte und durch Schlammfänge deren Wirkung vergrößerte. Sehr häufig aber bedurfte es dieser Mittel nicht und man ließ nur in den Streichwerken etwa alle 200 Meter passende Oeffnungen, damit sich das Material bei hohem Wasser in den Arm hineinwerfen konnte. Dabei bemerkte man, daß an dem Oberrhein, wo das Gefälle von Basel abwärts 1 auf 1000, in der Gegend von Kehl 1 auf 1600 und an dem untern Ende der französisch-badischen Grenze 1 auf 2500 beträgt, die Kiesablagerungen an der Ausmündung der Stromkrümmen, dagegen bei dem Unterrheine längs dem bayrischen Ufer hin, von Lauterburg bis zur hessischen Grenze, wo das Gefälle allmählig

*) Am Oberrhein mußten die Streichwerke meist aus Faschinen oder Steinen hergestellt werden.

1 auf 10000 wird, an den Einmündungen vorzugsweise stattfanden. Die Ursache dieser Erscheinung liegt demnach in der Stärke der Strömung.

Hatte sich in einer Stromkrümme hinlänglich Kies abgelagert, so suchte man durch Schlammfänge auch das feinere Material zur Ablagerung zu bringen, um den Boden für künftighin kulturfähig zu machen. Nach vollendeter Verlandung wurden endlich die Oeffnungen in den Streichwerken geschlossen.

Was die Kosten für den Rheinbau betrifft, so beliefen sich dieselben vom Jahr 1816—1823 im Mittel jährlich auf 208000 Gulden, und von da bis 1842 durchschnittlich jährlich auf 250000 Gulden. Vom Jahr 1842—1852 war der jährliche Aufwand 350000 Gulden, und werden die gleichen Mittel auf weitere 10 Jahre verwendet, also bis 1862, so wird die Rectification der Hauptsache nach vollendet sein und werden sich alsdann die Kosten von Jahr zu Jahr vermindern, bis endlich etwa nach 30 Jahren vom Jahr 1862 an nur die Unterhaltung der Ufer etwa per Stunde 1500 Gulden erfordert.

Vierter Abschnitt.

Ent- und Bewässerungen.

Ent- und Bewässerungen.

1. Entwässerungen.

§. 24.

Einleitung.

Solche Ländereien, auf welchen Wasser stehen bleibt, das auf einem natürlichen Wege nicht abgeführt wird, nennen wir Sümpfe.

Die Nachtheile solcher Sümpfe sind für ein Land, das deren mehrere enthält, von nicht geringer Bedeutung, da nicht allein der versumpfte Boden keinen Ertrag gibt, sondern auch die im Sommer sich bildenden Dünste die Umgebung unbewohnbar machen.

Die Entwässerungsanlagen, welche den Zweck haben, solche Sümpfe so weit trocken zu legen, daß sie als Ackerland oder Wiesen benützt werden können, gehören somit zu den wichtigsten Operationen des Wasserbaues. Viele bisher unbrauchbare Flächen können dadurch urbar gemacht und zu den allerfruchtbarsten Fluren umgeschaffen werden.

Die Kunst der Entwässerung ist in vielen Fällen schwierig, da oft die verschiedensten Ursachen der Wasseranhäufung zusammentreffen, und nur die ausgedehntesten Arbeiten zuweilen einen Erfolg herbeiführen können. Von größter Wichtigkeit ist es, daß man die Gesetze beobachte, welche das Wasser in seiner Bewegung, wie in seinem Verhalten gegen feste Körper befolgt, und daß man sich unter allen Bedingungen über den verschiedensten Ursprung der Nässe einen klaren Begriff zu machen suche; denn nur wenn die Ursachen der Versumpfung einer Fläche vorher richtig ermittelt sind, lassen sich die zweckmäßigsten Mittel der Abhülfe ergreifen und über das Gelingen des Unternehmens ein sicheres Urtheil fällen.

Bei allen vorzunehmenden Entwässerungen muß man übrigens darauf bedacht sein, daß man der Bodenfläche nicht zu viel Wasser entzieht, da eine gewisse Feuchtigkeit wieder nothwendige Bedingung der Vegetation ist. Am sichersten ist es immer bei Entwässerungen von Wiesenländereien, wenn der Entwässerung die Bewässerung auf dem Fuße folgt, wie dieß auch in neuerer Zeit immer zu geschehen pflegt. In dieser Beziehung hat man bei der Entwässerung die Ableitungsgraben so zu führen, daß sie der spätern Wässerungsanlage nicht hinderlich sind.

§. 25.

Entstehung der Sümpfe.

Die Art und Weise der Entstehung sowohl größerer wie kleinerer Versumpfungen ist sehr verschieden. Häufig sind große weit ausgedehnte Sümpfe, welche nicht an dem Ufer des Meeres liegen, aus ehemaligen See'n hervorgegangen, welche allmählig von sie durchströmenden Flüssen, oder von Gieß- und Regenbächen, welche von den umgebenden Bergen in sie herabflossen, ausgefüllt worden sind. Die Gestalt und der Umfang dieser ehemaligen See'n, die Richtung der durchfließenden Bäche und Flüsse, der Abhang und die Beschaffenheit der nahen Berge; die Art des herabgeführten Materials mußten dabei mannigfaltige Abänderungen hervorbringen. War nun, ehe der See vollkommen mit Material angefüllt wurde, der Stoff, der ihn gänzlich ausfüllen sollte, erschöpft, indem die umliegenden Berge ihrer Erddecke allmählig beraubt worden waren, oder hörte die Zufuhr aus irgend einem andern Grunde auf, so begann dort, wenn zu große Wassertiefe nicht hinderte, die Erzeugung des Torfes, und es entstanden, wenn derselbe endlich die Oberfläche erreichte, die Torfmoore, welche den noch übrigen Theil des See's ganz oder zum Theil ausfüllten, während auch die übrigen mit Sand und Erde ausgefüllten Räume theils wegen gehemmten Wasserabflusses, theils weil sie sich nicht hinlänglich über die ehemalige Wasserfläche erheben konnten, im Sumpfzustande zurückblieben. Diese Entstehungsweise kann man in den See'n und Sümpfen des südlichen Bayerns und der angrenzenden Gebirgsländer und überall, wo See'n sind und waren, beobachten.

Anders verhält es sich bei Sümpfen, die am Meere liegen. Hier ist die Verstopfung der Mündungen von Flüssen und Bächen, die sich in die See ergießen, sehr häufig Ursache von der Entstehung der Sümpfe, und dieses ebensowohl wenn Fluth und Ebbe in dem Meere stattfinden, als wenn diese fehlen; der Wellenschlag ist es aber, der diese Schließung der Mündungen bewirkt und Sandbänke und Dünen vor ihnen aufwirft. Wenn eine solche Schließung auch nicht vollständig erfolgt, so wird doch häufig die Mündung in der Hauptrichtung des Windes und des Küstenstromes so weit verlegt, daß eben diese Verlängerung wieder die schnelle Abführung des Wassers verhindert. Findet der Küstenstrom nicht statt, so legt sich das Material des Flusses dicht vor die Mündung und bewirkt allmählig eine Verlängerung des Flußlaufes in die See hinein, wodurch abermals eine Gefällsverminderung, also auch eine Erhöhung des Wasserspiegels und sonach Versumpfung veranlaßt wird. (Das Vorrücken des Po beträgt seit Anfang des 17ten Jahrhunderts jährlich 18½ Ruthen; das der Nogat jährlich 11½ Ruthen.) Die an der Mündung der meisten größern Flüsse befindlichen Niederungen sind wahrscheinlich auf diese Art entstanden und nehmen an Ausdehnung in neuerer Zeit mehr zu, als es früher der Fall war, weil allerwärts zu viel Waldungen zerstört wurden und der Ackerbau sich ausdehnte. Die Waldungen hielten nicht nur das Regenwasser zurück, so daß es sich nur langsam in den Betten der Bäche und Flüsse ansammeln konnte, sondern verhinderten es auch unterwegs Erde und Sand aufzunehmen. Die Zerstörung der Waldungen wirkt

daher nicht allein auf die Verlängerung der Flußläufe und Versumpfung der Niederungen an der See, sondern auch auf die allgemeine Erhöhung ihrer Betten und gibt sonach auch Veranlassung zu Versumpfungen im Binnenlande.

Auch trockenes Land, welches nicht an dem Ufer eines See's oder Meeres liegt, kann in Sumpf verwandelt werden, und zwar durch folgende Ursachen:

1) Durch den auf der Stelle selbst niederfallenden atmosphärischen Niederschlag, welcher nicht vollkommen in den Boden eindringen kann und sonst keinen Abfluß findet.
2) Durch die atmosphärischen Niederschläge, welche von den Höhen auf der Oberfläche des Bodens herabziehend, in einem tieferen Theile sich ansammeln, der Erhöhungen des Bodens wegen aber nicht weiter fließen können, und nun entweder versickern oder in die Luft verdunsten müssen.
3) Durch Quellwasser, welche keinen freien Abfluß haben und sich unterirdisch von einer Anhöhe in die Thalebene herabziehen, wo sie alsdann Quellgrunde erzeugen oder als wirkliche Quellen hervorbrechen, die wieder aus Mangel an Abzug den Boden feucht und naß machen.
4) Durch Bäche und Flüsse, welche häufig aus ihren Ufern treten und die angrenzenden Ländereien so unter Wasser setzen, daß es weder in das Bett zurück, noch an einem andern Orte abfließen kann; zuweilen tritt auch der Fall ein, daß bei Hochwasser hinter den Dämmen sich Quellen bilden, die keinen Abzug finden, oder daß Durchsickerungen statthaben und das Wasser in Vertiefungen stehen bleibt.
5) Durch Bäche oder Flüsse, die dadurch ihr Bett erhöhen, indem sich ein Seitenbach in sie ergießt und sein Material an der Ausmündung ablagert. Hat die Erhöhung der Sohle eine gewisse Grenze erreicht, so tritt das Wasser häufig über und bewirkt sonach Versumpfungen.
6) Durch langsam fließende Bäche oder Flüsse, die von ihrem Ursprunge an viel Sand und Schlamm ꝛc. führen, und ihre Sohle so erhöhen, daß die Seitenflüsse keinen Abzug mehr finden.
7) Durch fehlerhaft angelegte und zu hohe Mühlwehre.

§. 26.

Vorarbeiten und Mittel zur Entwässerung im Allgemeinen.

Soll das Project zur Entwässerung eines Sumpfes oder zur Trockenlegung eines See's angefertigt werden, so muß man sich zunächst durch eine genaue Lokaluntersuchung von der Ursache der Ansammlung des Wassers Rechenschaft geben, damit der fernern Einwirkung derselben möglichst vorgebeugt werden kann. Sonach ist eine genaue Aufnahme des Terrains erforderlich. Einen Theil dieser Aufnahme macht man am besten mit dem Theodolithen, indem man ein Dreiecksnetz legt, das Detail wird mit dem Meßtische oder der Boussole aufgenommen. Hierauf folgt die Ermittlung der verschiedenen Höhen des Bodens in Bezug auf einen gemeinschaftlichen Horizont. Dieselbe geschieht mit Hülfe des Nivellirinstruments, verwandelt sich aber in eine Tiefenmessung,

wenn die Fläche mit stehendem Wasser bedeckt ist. Die Resultate des Nivellements stehen mit der angefertigten Karte in genauer Beziehung, und es kommt darauf an, sie auf dieser so anzudeuten, daß man ein deutliches Bild von der ganzen Fläche erhält, welche zu entwässern ist. Durch Anfertigung besonderer Querprofile erreicht man diesen Zweck nicht, sondern man muß die Höhenlagen aller gemessenen Punkte in Bezug auf den angenommenen Horizont unmittelbar durch Zahlen angeben. Die Aufnahme horizontaler Kurven möchte manchmal sehr nützlich sein. Das Nivellement der Bäche und Flüsse, welche den Sumpf durchkreuzen, muß sehr genau sein; es muß ferner ihre Wassermenge, sowohl in trockener Jahreszeit, als nach starken Regengüssen oder Schneeschmelzungen bestimmt werden. Auch die Beschaffenheit des Wassers ist näher zu untersuchen; ein reines Wasser, oder ein solches, welches klar ist und worin Kalk oder Salz oder andere Bestandtheile aufgelöst sind, setzt keinen Niederschlag ab; man kann es daher durch die Entwässerungsgraben abführen, ohne befürchten zu müssen, daß dieselben dadurch verschlämmt werden. Dieses Wasser ist indessen für die Cultur weniger nützlich, als dasjenige, welches Theilchen von Thon oder Humus enthält und eine düngende Eigenschaft hat. Die Bäche können aber auch Sand und Kies führen und sind alsdann von dem unmittelbaren Eintritt in die Entwässerungsgraben abzuhalten, weil sie dieselben verschütten würden. Für Aufschwemmungen oder Colmationen ist dieses Wasser von besonderer Wichtigkeit; bei diesen benutzt man es, um seine Materialien auf einer gegebenen Fläche abzulagern und sie dadurch zu erhöhen.

Auch die meteorologischen Verhältnisse sind nicht unwichtig, denn man muß nicht allein die jährliche Regenmenge kennen, welche auf die Sumpffläche niederfällt, sondern auch diejenige, welche an einem oder an zwei aufeinander folgenden Tagen gefallen ist, und am meisten Wasser lieferte.

Endlich gehört zu den Vorarbeiten noch die Untersuchung der Bodenbeschaffenheit, indem sich hiernach besonders der ganze Bewirthschaftungsplan der Fläche richtet. Je nachdem der Boden aus Sand oder Kies besteht, oder ein stark durchnäßter Thon oder loser Torf ist, wird er sich nach der Austrocknung etwas senken und diese Senkung ist wohl bei dem Entwurf der Entwässerung zu berücksichtigen. Einige Bohrungen mit dem Erdbohrer werden in den meisten Fällen genügen.

Diese Vorarbeiten bestimmen nun die vorzunehmenden Entwässerungsanlagen. Die Mittel, die man anwenden kann, um die Entwässerung zu bewirken, sind:

1) Das Wasser, welches den Sumpf hervorbringt, so tief zu senken, als es das Wachsthum und Gedeihen der Pflanzen erfordert.
2) Den Boden in dem zu entwässernden Terrain durch Colmation oder Aufschwemmung von Material so weit zu erhöhen, als zur Culturfähigkeit nöthig ist.

Außerdem gibt es noch künstliche Entwässerungen, wobei man durch Schöpfmaschinen das Wasser entfernt. Sie kommen besonders in Holland vor.

Die erste Austrocknungsweise, als die wichtigste und fast allgemein angewendete, kann auf dreierlei Arten bewirkt werden:

a) Indem man den Wasserspiegel desjenigen Flusses oder See's tiefer legt, der die Entwässerungsgräben aufnehmen soll.

b) Indem man alles fremde Wasser von der zu entwässernden Fläche abhält, damit die Abzugsgraben nur diejenige Wassermenge abzuführen haben, welche als Regen niederfällt oder in Quellen darin hervortritt.

c) Durch die Anlage von Entwässerungskanälen.

§. 27.

Entwässerung durch Senkung desjenigen Wassers, welches die Entwässerungsgräben aufnehmen soll.

Liegt die zu entwässernde Fläche neben einem Flusse, welcher viele Krümmungen macht und nach und nach sein Bett erhöht, so ist vor Allem zu untersuchen, ob der Wasserspiegel des Flusses, durch die Geradeleitung desselben, so weit gesenkt werden kann, daß der Entwässerungsgraben das nöthige Gefälle erhält. Ist diese Senkung möglich und sind die Kosten der Geradeleitung im Verhältniß zu dem zu erwartenden Gewinne, dann wird man ohne Bedenken zur Ausführung derselben schreiten können.

Die günstigsten Erfolge einer Geradeleitung des Flusses in Bezug auf die Senkung des Wasserspiegels haben sich bei dem Rheinstrome ergeben. Auf der Strecke zwischen Neuburg und der Mündung des Frankenthaler Kanals, eine Meile unterhalb Mannheim, wurden 17 Durchstiche ausgeführt. Die Folge davon war, daß sich der Wasserspiegel des Hochwassers um 1,5 Mtr. und der des Mittelwassers um 1 Mtr. senkte, und dadurch die Entsumpfung der weit ausgedehnten niedrigen und sehr fruchtbaren Uferländereien fast ohne weitere Anlagen von selbst erfolgte. In neuester Zeit ist man nun damit beschäftigt, die Quellwasser der tiefer liegenden Niederungen ebenfalls abzuleiten und sämmtliche gewonnenen Wiesenfluren in künstliche Bewässerung zu legen.

Auch die Geradeleitung der Linth zwischen dem Wallenstädter- und Züricher-See liefert den Beweis, welche Erfolge durch die Tieferlegung des Wasserspiegels erzielt werden können. Hat der Fluß, in welchen der Entwässerungsgraben einmündet, schon einen geregelten Lauf, so bleibt immer noch zur Senkung des Wasserspiegels in demselben der Ausweg, daß man die Einmündung des Grabens weiter abwärts verlegt. Wo aber auch der Graben in den Fluß einmünden mag, so ist immer dafür zu sorgen, daß daselbst keine Verlandung entsteht und auch die Hochwasser des Flusses nicht zurücktreten und den Graben verschlammen oder eine Ueberschwemmung veranlassen. Die Bauten, welche man hier zu machen pflegt, nennt man Damm- oder Entwässerungsschleusen oder auch Siele; sie haben die Anordnungen Fig. 1, 6 oder 16, Taf. XV. Nicht selten tritt der Fall ein, daß in dem Abzugsgraben selbst künstliche oder natürliche Wehre liegen, die einen schädlichen Aufstau bilden und dadurch eine Versumpfung verursachen, z. B. bei Mühlanlagen. Hier ist es natürlich das beste Mittel, die Mühle ganz zu entfernen, oder wenn dieß nicht zulässig ist, so genügt öfters die Anbringung eines hinlänglich tiefen und weiten Grundablasses.

Natürliche Wehre, welche den Abfluß des Wassers hemmen, können entweder durch Materialablagerungen, namentlich beim Ausfluß von Seitenbächen, die ein

starkes Gefälle haben, verursacht werden, oder es sind zusammenhängende Gebirgsmassen, die sich quer durch ein Thal ziehen und dasselbe absperren, so daß ein See entsteht.

Im ersten Falle bleibt nichts anders übrig, als das Bett des Seitenbaches zu reguliren, nöthigenfalls sein Gefälle durch Einlegen von Grundwehren zu mäßigen und die Ufer zu befestigen, damit derselbe weniger Geschiebe in dem Flusse ablagert; sodann den natürlichen Wehrrücken zu durchstechen, vorher aber die Normalbreite des Flusses durch Buhnen oder Streichwerke herzustellen, damit die weitere Ausgrabung des Flußbettes von dem Wasser selbst besorgt werde.

Im andern Falle erzielte man schon große Erfolge durch die Ablassung des Wassers mittelst eines unterirdischen Stollens, welcher das Seewasser in eine tiefer liegende Gegend ableitet. Das großartigste Beispiel dieser Art ist die Ablassung, beziehungsweise Tieferlegung des Lungern-See's in der Schweiz, von der wir folgende Beschreibung geben wollen:

§. 28.

Die Tieferlegung des Lungern-See's.
Taf. IX., Fig. 1—5.

Am Fuße des Brünigberges im Kanton Unterwalden, der das Haslithal von Obwalden scheidet, lag der 3 Viertelstunden lange und 10 Minuten breite Lungernsee. Derselbe hatte seinen Abfluß durch den Aabach, der sich über den sog. Kayserstuhl in schönen Wasserfällen herabstürzte und der Ebene von Gyßwyl zufloß. Schon lange war es der innigste Wunsch der dortigen Bewohner den See zu entleeren, um mehr cultivirbares Land zu erhalten; als daher die Bevölkerung mehr und mehr zunahm, beschloß man endlich im Jahr 1788 an die Ausführung des Unternehmens zu gehen.

Vor Allem war es nöthig, sich über dieses Unternehmen bei einem Bergbaukundigen Raths zu erholen. Derselbe legte im Jahr 1790 einen Plan vor, welcher dahin ging: am steilsten Abhange des Kayserstuhls neben dem Bette des Seeabflusses 145 Fuß unter der Oberfläche des See's, einen wenig ansteigenden Stollen in gerader Linie gegen das Seebecken einzutreiben und damit den See abzuleiten. Dieser Plan wurde angenommen und in demselben Jahre erschienen 4 Bergleute und fingen an den Stollen mit 6 Fuß Höhe und 5 Fuß Breite einzutreiben. 8 Jahre lang wurde mit rastlosem Eifer fortgearbeitet und es gelang den Stollen in harten, aber zerklüfteten Kalkstein bis auf 700 Fuß Tiefe zu bringen. Hier angelangt, überzeugte man sich aber, daß die Richtung des Stollens nach allen Seiten eine verfehlte war, daß man nämlich die gerade Linie verlassen hatte und die Steigung verfehlte und dadurch den Zutritt frischer Luft hinderte. Es wurde nun zwar mit Hülfe eines Wettergebläses fortgearbeitet, allein da auch die Kasse erschöpft war, so mußte die Arbeit bald eingestellt werden. Die Kriegsjahre von 1798 bis zum Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts verhinderten die Fortsetzung der Arbeiten und gestatteten ihren Anfang erst im Jahre 1806. Berghauptmann Schlatter von Bern entwarf einen Plan zur Vollendung des Stollens

und führte denselben bis unter den Rand des See's. Mangel an Mitteln verursachten abermals einen Stillstand der Arbeiten bis zum Jahr 1812, wo Escher von der Linth in Gemeinschaft mit dem Berghauptmann Tscharner von Bern neue Vermessungen anstellte und sich um das Gelingen des Unternehmens bekümmerte. Bisher dachte man noch nicht an die Art und Weise der Oeffnung des Stollens in den See und glaubte durch Bohrlöcher, welche von oben herab in den Stollen gehen sollten, die Entleerung bewerkstelligen zu können. Escher und Tscharner waren dagegen der Meinung, man könne auf keine andere Weise ohne Gefahr für die Arbeiter zum Ziele kommen, als entweder durch Abteufung eines Schachtes vom Seerand in den Stollen und durch Schlitzen des dazwischen liegenden Felsens oder durch Anwendung großer Heber, die man mit dem senkrechten Schacht in Verbindung setzte. Sie forderten gleichzeitig noch andere Ingenieure auf, ihre Gutachten abzugeben und erhielten noch zwei weitere Vorschläge: 1) den Stollen durch eine Mine zu sprengen, und 2) vermittelst horizontal im Stollen durch die noch stehende Felswand getriebener Bohrlöcher den See zu entleeren, wobei vermittelst angebrachter Hähne oder Ventile dem abfließenden Wasser gesteuert werden könnte.

Dieser letzte Plan, von Ingenieur Sulzberger herrührend, wurde in Lungern angenommen, weil man den ersten für zu gefährlich und den von Escher herrührenden für zu weitläufig und kostspielig hielt. Aber erst im Jahr 1831 konnten die Stollenarbeiten fortgesetzt werden und erreichten ihr Ende im Jahre 1835, wo man noch eine Felswand von 15 Fuß Dicke hatte. Man durchbohrte diese Felswand und fand, daß man 122 par. Fuß unter dem Wasserspiegel und 220 Fuß vom Ufer entfernt war. Anfangs quoll dünner Letten aus dem Bohrloche hervor, aber nach wenigen Augenblicken folgte klares Wasser und man glaubte daher schon den Erfolg gesichert zu haben, als sich dieses Bohrloch wieder durch den eintreibenden Lehm und Sand, der auf dem Felsen lag, verschloß. Man überzeugte sich bald durch einige weitere Versuche von der Unausführbarkeit des gemachten Vorschlags und es blieb also, wenn man von dem Plane des Hrn. Escher abstrahirte, nur noch das schon früher vorgeschlagene und durch das Oberbergamt Freiberg gebilligte Mittel der Oeffnung des Stollens durch die Mine übrig. Ingenieur Sulzberger, dieses Mittel ergreifend, ließ vor Allem eine Sicherungsschleuse bauen, um die untern Thalgegenden vor Ueberschwemmungen zu sichern. Es wurde zu diesem Behufe 96 Fuß vom Anfange des Stollens ein 12 Fuß langer Schacht aufwärts geschlagen, der oben in eine Nische mündete, Fig. 3; in diesen Schacht stellte man einen starken Holzrahmen bis auf die Sohle des Stollens, dessen senkrecht stehende Theile als Griessäulen für einen Schütz dienten.

Das Ende des Stollens wurde zu einer Kammer erweitert und ein 6′ hoher senkrechter Schacht eingesprengt, der sich bis auf $3\frac{1}{2}$—4′ dem Wasser näherte und zur Aufnahme des Pulvers bestimmt war. Fig. 4. Nachdem am 5. Januar 1835 alle Vorbereitungen zur Sprengung getroffen waren, wurde der Boden des Stollenendes mit großen Holzpflöcken besetzt und diese Verdämmung stollenauswärts in gleicher Höhe mit Sand und Steinen fortgeführt. Ein starker lederner Sack, der in einem festen eichenen Faß ruhte, wurde mit 950 Pfund Pulver gefüllt. Durch

den Boden des Fasses ging bis in die Mitte des Pulverschlauches ein metallenes, ebenfalls mit Pulver angefülltes Rohr, an welches nachher die Zündröhre befestigt wurde. Das Pulverfaß wurde auf die Verdämmung und in den Schacht gebracht und mit Holzpflöcken unterstützt, so daß es nur noch 1/2′ von der Felsfirst entfernt war. Man befestigte nun die 35′ lange und 5/4″ dicke, mit Pulver angefüllte Zündröhre, welche aus einem Schlauche bestand, der in einer mit Harz überstrichenen Hülse von Holz verwahrt war, an das unten aus dem Fasse hervorragende und mit einem Zapfen verschlossene Rohr. Hierauf wurde der Stollen, wo die Mine lag, auf die Länge von 15′ mit Sand und Steinen ausgefüllt und am 9. Januar war Alles zur Sprengung fertig. Ein Arbeiter befestigte eine Brandröhre an das Ende der Zündröhre, welche etwa 15 Minuten brennen sollte, damit sich derselbe wieder sicher entfernen konnte. Nach 11 Minuten hörte man zwei dumpfe Töne und gleich darauf schoß das Wasser aus der Stollenmündung. Schon in den ersten 20 Stunden hatte sich der See um 3′ gesenkt, aber die Ebene von Gießwyl lag unter Wasser. Es war daher nöthig die Schleuse, die bisher 12□′ Oeffnung hatte, auf 7 1/2′ zu vermindern. Bis zum 15. Januar stand das Niveau des See's 14′ tiefer, und es waren beträchtliche Landstrecken zum Vorschein gekommen. Doch zeigte sich dabei auch ein Umstand, den man nicht berücksichtigte, es bildeten sich nämlich bedeutende Risse in dem Boden und stürzten große Erdmassen in den See; sogar in der Nähe des Dorfes Lungern zeigte sich eine Spalte, die mehrere Morgen Landes umschloß, das ein Haus trug; kaum war solches abgetragen, vergrößerte sich die Kluft und die ganze Erdmasse glitt in den See. Am 25. Februar war alles Wasser bis auf das Niveau des Stollens abgelaufen, Fig. 5, und das zu Tage gekommene Land zeigte sich in seiner ganzen Ausdehnung als ein schwarzer Schlamm, der erst allmählig durch Austrocknung und Bearbeitung zu einem guten Grunde gebracht werden konnte. Die baaren Kosten des ganzen Unternehmens beliefen sich auf 51826 Schw. Francs, während der gewonnene Boden jetzt etwa den dreifachen Werth hat.

§. 29.

Entfernung des fremden Wassers.

Bei jeder vorzunehmenden Entwässerung hat man die Regel, so weit als thunlich, das fremde Wasser von der zu entwässernden Fläche abzuhalten und in besonderen Betten vorbeizuführen. Es hat dieß auch in mehrfacher Beziehung Vortheile, insofern einmal außer der Wassermenge, welche durch den Regen oder durch Quellen unmittelbar in den Sumpf gelangt, kein anderes Wasser in denselben sich ergießt. Der Bach oder Fluß, welcher durch den Sumpf geht, braucht aber bei gleicher Größe des Profils nur den vierten Theil des Gefälles, wenn die Wassermasse um die Hälfte abnimmt, und es ist somit die Ableitung des Sumpfwassers auch eher möglich. Zum andern lassen die Seitenbäche, wenn sie ein stärkeres Gefälle haben, gerne ihre Geschiebe in dem Ableitungsgraben der Niederung liegen und machen eine öftere Aufräumung desselben nöthig, und endlich sind die Hochwasser der Seitengewässer gewöhnlich so bedeutend, daß es ökonomisch vortheil-

hafter ist, ihnen ein eigenes Bett zu geben, als das Profil des Ableitungsgrabens zu vergrößern.

Sind es unterirdische Quellen, welche die Versumpfung veranlaßt haben, so hat man vor Allem ihre Höhenlage aufzusuchen, damit ein Auffanggraben längs der Anhöhe unterhalb der Quellenlinie angelegt werden kann. Die Fig. 8 stellt diesen Fall vor. B ist eine Thonschicht und C eine Thonlage, welche auf dem durchlassenden Boden A ruht und bei q Quellwasser durchläßt. Der Auffanggraben s muß mit der Sohle in den Thonboden eingreifen, damit er das zwischen diesem und dem schwammigen Wiesengrunde herabziehende Wasser auffängt. Die Ableitung des Quellwassers aus dem Graben s in einen tiefer liegenden Ableitungsgraben erfolgt durch einen nach der kürzesten Richtung geführten Verbindungsgraben. Ist die thonige Vorlage nur wenig mächtig, so kann die Sohle des Auffanggrabens in den porösen Erdboden A gelegt werden, wodurch die Feuchtigkeit vollständig gehoben ist und die Quellen versiegen. Bei sehr bedeutender Mächtigkeit der Vorlage dagegen, wo dieß nicht möglich oder zu kostspielig war, pflegt man nach dem Beispiele des berühmten Oekonomen Elkington einige Bohrlöcher in der Grabensohle auszuführen, wodurch die Entwässerung alsdann ebenfalls vollständig bewirkt wird.

Auch in andern Fällen hat man schon mit großem Erfolge von den Bohrlöchern, die in eine absorbirende Erdschichte führen, Gebrauch gemacht. Wenn nämlich ein muldenförmiges Gelände deßhalb versumpft ist, weil nach der obern Erdlage, der sog. Ackerkrume, ein undurchlassender Untergrund folgt, der auf einer mächtigen Kiesschicht ruht, und das auf das Gelände fallende Regenwasser oder das von den umgebenden Anhöhen herabziehende Tagewasser nicht in den Boden einsickern kann, so durchbohrte man den Untergrund oder legte Fangbrunnen an, und bewirkte dadurch einen vollständigen Abzug des Wassers. Die Fig. 9, Taf. IX., stellt diesen Fall vor.

Wird die Versumpfung durch einen oder mehrere Bäche oder Flüsse veranlaßt, welche sich in die Niederung ergießen, so treten wieder zwei Fälle ein: entweder kann ein Auffangegraben längs der Anhöhe, welche die Niederung umgibt, hingeführt werden, der alsdann an der tiefsten Stelle des Sumpfes seine Ausmündung hat, oder der Bach wird durch die Niederung selbst hindurchgeführt. In dem letzten Falle muß die zu entwässernde Fläche auf jeder Seite des neuen Bachbettes besonders behandelt werden und es sind die eigentlichen Ableitungsgraben unmittelbar neben das neue Bett zu legen. Ein Beispiel dieser Anordnung zeigt uns die im §. 22 beschriebene Linthcorrection. Sowohl der Mollifer Kanal, dessen Profil die Fig. 22, Taf. VI., darstellt, als auch der eigentliche Linthkanal nehmen kein fremdes Wasser auf, dieses wird vielmehr bei dem letztern durch besondere Parallelgraben in den Züricher-See geleitet. Der Grund dieser Trennung ist einestheils der, daß man den Hauptkanal nicht der Gefahr aussetzen wollte, durch starke Fluthen, welche seitwärts hineintreten, in seinen Ufern angegriffen und durch Materialablagerungen wieder gesperrt zu werden. Sodann führen die Seitenkanäle in trockener Jahreszeit auch wenig Wasser ab, und sonach senkt sich in ihnen der Wasserspiegel auch tief unter den des Hauptkanals, und es wird

dadurch möglich, das Thal als Weideland und Wiese zu benutzen. Damit die Seitenkanäle ebenfalls nicht verschüttet werden, so wird das Bergwasser durch steinerne Wehre in den natürlichen Vertiefungen gestaut und legt daselbst sein Material ab, wodurch wieder eine allmählige Ausgleichung und Erhöhung des Thals bezweckt wird.

Die Profile der neuen Fluß- oder Bachbette sind nach den betreffenden Wassermengen zu berechnen. Die Wassermenge des Hauptkanals kann dabei gewöhnlich durch directe Messungen gefunden werden; nicht so verhält es sich mit der Wassermenge, welche unmittelbar aus dem Sumpfe in ein Kanalbett eintritt; diese ist nach der Ausdehnung der Sumpffläche und der Größe des atmosphärischen Niederschlags zu ermessen. Da es sich hier nur um die stärksten Anschwellungen in dem neuen Bette handelt, die nach heftigen Regengüssen eintreten, so kann es natürlich auf die mittleren Niederschläge nicht ankommen, sondern es sind allein die Maxima der täglichen Regenmengen in Betracht zu ziehen. Prony nimmt für die Zuflüsse der pontinischen Sümpfe die Dauer der Anschwellung $2\frac{1}{2}$ Tage an und rechnet für die Höhe des Niederschlags 6 Centim., wovon 2 Centim. in den Boden einziehen; dieß gibt eine Wassermenge für die Secunde von $\frac{J}{5000000}$ Kbkmtr., wenn J die Oberfläche des Sumpfgebiets in □Mtr. Anderweitige Erfahrungen geben diese Wassermenge viel größer an, ja sogar auf das Doppelte und Dreifache. Man wird daher in jedem besonderen Falle zu erwägen haben:

1) Die Verschiedenheit des Niederschlags, welche sich nach den klimatischen Verhältnissen richtet.
2) Die Ausdehnung des Sumpfgebietes; je größer diese ist, desto geringer wird die Wassermenge sein.
3) Die Neigung der Thalwände und die Gefällsverhältnisse der Sumpffläche; je flacher und ebener die letztern, desto geringer der Zufluß.

Hat man auf die eine oder andere Art die Wassermengen bestimmt, welche in den Ableitungs- oder Auffanggraben abgeführt werden müssen, so ist es leicht aus der Formel von Eytelwein für die gleichförmige Bewegung des Wassers:

$$M = 50{,}93\ J \sqrt{\frac{J}{L p}}$$

die Profile zu berechnen. Diese Formel gilt für Metermaß und dürfte für Entwässerungskanäle, deren Bett nicht mehr ganz rein ist und der Pflanzenwuchs der Bewegung des Wassers wenigstens am Boden hinderlich wird, dahin abgeändert werden, daß man den Coefficienten 50,93 auf 40 reducirt.

Die zu entwässernde Fläche sei z. B. 22500000 Quadratmeter groß; das Gefälle des Kanals sei 1:5000; der Boden gestatte eine Böschung mit zweifacher Anlage und das Verhältniß der Sohlenbreite zur Tiefe sei 7 : 1, so hat man die größte Wassermenge, mindestens $\frac{22500000}{5000000} = 4{,}5$ Kbkmtr. pr. Secunde, ferner, wenn t die Tiefe

$$J = (7\,t + 2\,t)\,t = 9t^2$$
$$p = 7\,t + 2\,t\sqrt{5}$$
$$L = 5000, \text{ folglich}$$
$$4{,}5 = 40 \,.\, 9t^2 \sqrt{\frac{9t^2}{5000 \,.\, (7\,t + 2\,t\sqrt{5})}}$$

für $t = 1$ Mtr. wird diese Gleichung identisch, es ist also die Sohlenbreite 7 Mtr.; die Tiefe 1 Mtr., die obere Breite 11 Mtr. Die Geschwindigkeit des Wassers 0,5 Mtr.

§. 30.

Führung der Entwässerungskanäle.

Liegt die zu entwässernde Fläche höher als der benachbarte Fluß oder See, in welchen man den Entwässerungskanal leiten kann, so kommt es nur darauf an, diesen so anzulegen, daß er mit dem möglichst kleinsten absoluten Gefälle die ganze Wassermasse aufnimmt und abführt.

Setzen wir in die allgemeine Formel für die Wassermenge

$$M = 50{,}93 \,.\, J \sqrt{\frac{J}{Lp}}$$

für $J = b \,.\, t$, wo b die mittlere Breite und t die mittlere Tiefe
für $p = b$ (annähernd)
das absolute Gefälle für die Länge $l = h$, so haben wir

$$h = \frac{M^2\ l^2}{50{,}93^2 \,.\, b^2\ t^3}.$$

Das absolute Gefälle h wird also möglichst ermäßigt:

1) durch Verminderung der Wassermenge und der Länge l;
2) durch Vergrößerung der Breite und Tiefe des Bettes.

Eine zu große Vergrößerung der Breite des Bettes wird aber nicht zweckmäßig sein, da zu viel Gelände der Kultur entzogen und bei zu geringer Wassertiefe der Pflanzenwuchs auf der Sohle sehr begünstigt ist. Man wird deßhalb bei Uferböschungen mit 1½ bis 2facher Anlage, die untere Breite etwa 5 bis 7mal der Tiefe annehmen können.

Die **Richtung** des Entwässerungsgrabens richtet sich hauptsächlich nach der Höhenlage des Terrains. Derselbe soll wo möglich in den tiefsten Punkten des Sumpfes liegen, damit alles Wasser von den Seiten her in ihn abgeleitet werden kann. Dabei darf der Kanal aber nicht zu viel und zu scharfe Krümmungen machen, sondern ist sein Lauf möglichst gerade und mit sanften Krümmungen anzuordnen. Die Seitengräben, welche aus den Nebenvertiefungen in den Hauptentwässerungsgraben gehen, werden mit dem größtmöglichsten Gefälle angelegt. Man findet bei einer Fläche, welche nach zwei Richtungen hin Gefälle hat, die **Richtung des größten Gefälles**, wenn man auf zwei gleich hohe Punkte der Fläche eine senkrechte errichtet. Die Entfernung der Seitengräben richtet sich nach dem Nutzen und sonach den Kosten des Unternehmens. Gewöhnlich ist sie 900—1000 Mtr.

In die Seitengräben werden noch kleinere Entwässerungsgräbchen geführt, die parallel mit dem Hauptkanal gehen. Bei allen Entwässerungsgräben muß der Wasserspiegel mindestens 0·3 Mtr. unter dem Gelände bleiben, wenn man Wiesen cultiviren will; für Felder sind 0·75 Mtr. und für Obstbäume 1,2 Mtr. erforderlich.

Was die Ausführung der Entwässerungsgräben betrifft, so wähle man dazu immer eine trockene Jahreszeit, beginne die Arbeit am unteren Ende des Grabens und setze sie nach oben hin fort, damit bald eine Strömung des Wassers eintritt. Die vollständige Tiefe wird erst dann dem Graben gegeben werden können, wenn eine Senkung des Wasserspiegels eingetreten ist. Gewöhnlich macht man bei den Grabarbeiten einzelne Gruben und läßt zwischen je zweien eine dünne Wand stehen, die später durchstoßen wird.

Endlich wäre hier noch der Fall zu erwähnen, wenn zwei Gebirgsflüsse sich in der Niederung vereinigen, sodann in einem gemeinschaftlichen Bette durch dieselbe ziehen und in einen tiefer liegenden Strom einmünden. Gewöhnlich macht das gemeinschaftliche Bett viele Krümmungen, weil es wenig Gefälle hat und es treten bei gleichzeitigen Anschwellungen der Wasser in den Gebirgsflüssen häufige Ueberschwemmungen in der untern, die Niederung umgebenden Gegend ein, wodurch Versumpfungen hervorgebracht werden. Hier bleibt meist kein anderes Mittel als die Führung eines Hauptableitungs- oder Nothkanals, welcher unterhalb der Vereinigung der beiden Gebirgsflüsse abgeht und in einen tieferliegenden Strom einmündet.

§. 31.

Elz- und Dreisam-Rectification.

Ein großartiges Beispiel dieser Art kam im Großherzogthum Baden vor. Die Gebirgsflüsse Elz und Dreisam vereinigen sich bei dem Orte Riegel am Kayserstuhle, und fließen in einem gemeinschaftlichen Bette durch die Rheinniederung in den Rheinstrom. Beide genannten Flüsse mündeten in frühern Zeiten direct in den Rheinstrom ein, als dieser aber sein Bett von der südöstlichen Seite des Kayserstuhls auf die nordwestliche verlegte, mußten sie sich durch die verlassene unregelmäßig verschüttete Rheinniederung hindurchziehen und bildeten somit ein gemeinschaftliches, mit vielen Krümmungen versehenes Bett, welches niedrige Ufer hat und bei jeder kleinen Anschwellung des Wassers überfluthet wird. In Folge des verlängerten Laufes der beiden Flüsse Elz und Dreisam und der fortwährenden Materialablagerungen in dem vereinigten Elzbette verschlimmerten sich die Verhältnisse der genannten Gebirgsflüsse der Art, daß die angrenzenden Ländereien nicht allein häufig überschwemmt, sondern auch nicht selten mit Sand und Kiesgeschieben überschüttet wurden. Die Seitenzuflüsse, besonders in dem untern Dreisamthale, verloren ihr Gefälle und es entstanden Moore und Versumpfungen, die sich von Jahr zu Jahr mehr ausdehnten. Aber noch mehr als die beiden Thäler der Elz und Dreisam litten die in der Rheinniederung gelegenen Ländereien. Alles Wasser, welches die beiden Gebirgsflüsse bei den hohen Anschwellungen aufnahmen, kam mit Ungestüm, eine Masse Geschiebe führend, in der Niederung bei Riegel an. Von den 26000 Kbkfß. Hochwasser konnte das gemeinschaftliche Bett

nur höchstens 3000 Kubikfuß aufnehmen; die übrige Wassermasse überschwemmte daher die ganze Gegend, überschüttete die Felder und Wiesen mit Kies und Sand und verursachte da, wo kein Abfluß war, weit ausgedehnte Versumpfungen. 17 Gemeinden waren mit ihren Gemarkungen, welche zusammen etwa 48000 Morgen betragen, in so weit betheiligt, als sie alle einen Theil ihrer Felder und Wiesen im Ueberschwemmungsgebiet hatten und daß also etwa 8000 Morgen keinen und nahezu ebenso viele nur einen geringen Ertrag lieferten. Die Klagen um Schutz und Abhülfe wurden allgemein und führten zuletzt zur Ausführung eines eben so nützlichen wie großartigen Unternehmens, nämlich zur Rectification und Eindeichung der beiden Flüsse Elz und Dreisam und Führung eines Rothkanals von Riegel abwärts in den Rhein. Die Fig. 7, Taf. IX., zeigt die Situation mit dem Laufe der verschiedenen Gewässer.

Die ganze Anlage der Entwässerung theilt sich in drei Abtheilungen: 1) Die Ausführung des Dreisamkanals; 2) die Rectification und Eindeichung der Elz bis Riegel; 3) die Führung des Rothkanals von Riegel in den Rhein. Eine vierte Abtheilung, welche der Entwässerung auf dem Fuße folgte, bezieht sich auf die Cultivirung und Bewässerung der trocken gelegten Ländereien.

Der Dreisamkanal. Man führte ihn von Lehen abwärts unter Neuershausen bei Nimburg vorbei nach Riegel, in möglichst gestreckten Linien, die durch große Kreisbogen verbunden sind. Die größte Wassermenge wurde zu 6300 Kbfß. bestimmt, was bei einer Vertheilung auf das Flußgebiet 2 Kbfß. pr. 1 Million Quadratfuß Oberfläche gibt; das Gefälle beträgt in dem obern Theil bis Neuershausen 1 : 270, in dem mittlern, von da bis gegen Bahlingen, 1 : 400, und in dem untern bis Riegel 1 : 820. Das Profil des Kanals war ein doppeltes und erhielt am Anfang, oberhalb Neuershausen, 50′ Sohlenbreite, 4′ tiefe Uferböschungen mit dreifacher Anlage, 20′ breite Vorländer mit $^1/_{10}$ Gefälle, 4′ hohe Dämme mit 8′ Kronenbreite; am Ende, bei der Vereinigung mit dem Elzkanal, ist das Profil dasselbe, nur haben die Vorländer 29′ Breite mit $^1/_{10}$ Neigung und sind die Dämme wegen des Rückstaues 9′ hoch.

Bei Neuershausen schneidet der neu gegrabene Kanal das alte Dreisambett und mündet ein Mühlbach ein. Um den an ersterem gelegenen Mühlbesitzern das nöthige Wasser zu geben, mußte ein 2′5 hohes steinernes Wehr in den Kanal gelegt werden und war es nöthig, an die Mündung der alten Dreisam eine Schleuse zu setzen und den Mühlgraben einzudeichen. Die fremden Wasser rechts und links von dem Dreisamkanal erhielten eigene Parallelgraben, welche bis an die Vereinigung bei Riegel führen.

Die Elzrectification. Die Elz bildet den Thalweg eines ziemlich engen mit steilen Abhängen versehenen Thales, hat ein sehr starkes Gefälle, oben bei dem Anfang der Regulirung am Collnauer Wehr 1 : 212, an der Brücke bei Serau 1 : 232, unterhalb Theningen 1 : 240, unterhalb Niederemmendingen 1 : 250, am Vereinigungspunkt mit dem Dreisamkanal 1 : 500, und zeigt darum häufige Anschwellungen, welche rasch ihren höchsten Punkt erreichen. Die Richtung des Flusses konnte im Allgemeinen beibehalten werden und erforderte nur unten bei Riegel einige Veränderungen. Man beseitigte kleinere Krümmungen und Unregel-

mäßigkeiten und setzte den Lauf mehr aus geraden Linien und Kreisbogen zusammen. Die Wassermenge bei den höchsten Anschwellungen wurde zu 18000 Kbkfß. in der Secunde angenommen, was bei der Vertheilung auf das Flußgebiet 3 Kubikfuß pr. Million □Fuß gibt. Demgemäß bestimmt man die Profile, wie folgt:

	An der Serauer Brücke:	Bei der Ausmündung:
Sohlenbreite	60 Fuß.	70 Fuß.
Tiefe des Mittelprofils	3 „	4 „
Anlage der Uferböschung	6 „	12 „
Vorlandbreite	30 „	50 „
Neigung des Vorlands	2 „	4 „
Dammhöhe	8 „	8 „
Dammkronenbreite	8 „	8 „

Beim Zusammentritt der beiden Kanäle münden noch die fremden Wasser, als die Glotter, der Neugraben ꝛc. in das vereinigte Bett ein; dasselbe hat daher eine Wassermasse von 18000 + 6300 + 2000 Kbkfß. = 26300 Kbkfß. zu fassen, wenn man 2000 Kubikfuß für die fremden Wasser rechnet. Das Profil hat 95′ Sohlenbreite, 4′ 6″ Tiefe, Anlage der Uferböschung 20′, Vorlandbreite 45′, Neigung des Vorlandes 3′ 8″, Dammhöhe 8′, Anlage der innern Dammflächen 24′, Dammkronenbreite 8′.

Dieser vereinigte Elz- und Dreisamkanal hat nur eine geringe Länge und theilt sich etwas unterhalb dem Orte Riegel in zwei Arme, der eine ist das alte Elzbett, der andere und Hauptarm ist der Roth- oder Leopoldskanal, welcher dazu dient, die gesammte Hochwassermenge aufzunehmen und in den Rhein zu führen. Das Gefälle der alten Elz beträgt von Riegel abwärts 1 auf 1250, die Ufer haben eine Höhe von 6′, die Sohlenbreite ist 75′ und die Ufer haben zweifache Anlage. Hiernach berechnet sich die Wassermasse, welche in diesem Bett abgeleitet wird, zu 3000 Kbkfß., und es kommen somit allein auf den Rothkanal 23300 Kbfß. Sein Gefälle ist 1:900 und bestimmten sich daher die Dimensionen des Profils wie folgt: Sohlenbreite des Mittelprofils 80′, Anlage der Uferböschung 20′, Tiefe des Mittelprofils 6′, Vorlandbreite 40′, Neigung des Vorlandes 4′, Höhe der Dämme 8′, Anlage der Dammflächen 24′, Breite der Dammkrone 10—12′.

Die Mündung des alten Elzbettes aus dem vereinigten Elz- und Dreisamkanal mußte mit einem Schleusenwehr verschlossen werden, das den Zweck hat, die Hochwasser zurückzuhalten. Dasselbe ist von Stein auf Bèton gegründet und hat vier Oeffnungen von 18′ Weite, zwischen welchen aus Holz construirte Verwandungen sind, die bis über das Hochwasser reichen. Diese Verwandungen reichen nur so weit herab, daß zur Zeit des Nieder- und Mittelwassers die zum Betriebe der an der alten Elz liegenden Mühlen und zur Bewässerung der Wiesen nöthige Wassermenge durchströmen kann. Für den Fall eines Hochwassers werden die Oeffnungen geschlossen und sind zu diesem Behufe Schützen eingesetzt. Gleich neben dieser Schleuse an der Mündung des Rothkanals befindet sich ein Schleusenwehr, ebenfalls von Stein und auf einen Pfahlrost gegründet. Dasselbe hat in

dem Mittelprofil einen festen Wehrtheil von 2'5 Höhe und kann durch 3'5 hohe Schützen auf 6' erhöht werden, um nöthigenfalls bei Niederwasser die volle Wassermenge von 3000 Kubikfuß in das alte Elzbett leiten zu können. Durch fünf Oeffnungen von 36' Weite ist dem Hochwasser der Durchgang gestattet. Ueber beide erwähnten Schleusen führen Brücken, welche die früher bestandene Communication wieder herstellen. Sowohl über den Rothkanal als über die rectificirte Elz und den Dreisamkanal führen aus Holz construirte Jochbrücken mit Häng- und Sprengwerken, um den Verkehr zwischen beiden, durch die ganze Anlage getrennten, Ortschaften zu ermöglichen.

Schon ein Jahr nach der Ausführung des Rothkanals war die Niederung so weit trocken gelegt, daß man mit der vierten Abtheilung des Unternehmens, nämlich der Regulirung des alten Elzlaufes und der Einrichtung der Bewässerung des Wiesengeländes beginnen konnte. Somit war denn auch der Zweck des Unternehmens, welches einen Kostenaufwand von nahezu einer Million Gulden veranlaßte, vollständig erreicht. Die Gemarkungen sämmtlicher, im Ueberschwemmungsgebiet gelegenen, Orte sind nicht allein vor Ueberschwemmungen gesichert, sondern haben noch so viel an kulturfähigem Land gewonnen, daß der Gesammtvortheil des Unternehmens jetzt schon in einem günstigen Verhältniß zu dem Kostenaufwand steht, für die Nachkommen aber unberechenbar ist.

§. 32.

Anlage der Sickergräben oder Unterdrains.

Einzelne Felder oder Wiesen leiden nicht selten an einer starken Ansammlung von Wasser, welches jedoch den Boden so langsam durchbringt, daß man durch Anlage eines offenen Abzugsgrabens den Zweck nur unvollkommen erreicht. Eine große Zahl solcher Graben würde zwar die Entwässerung herbeiführen, hätte aber die Nachtheile, daß zu viel Boden der Kultur entzogen und zu große Kosten veranlaßt würden, abgesehen davon, daß auch die Communication auf der zu entwässernden Fläche bedeutend gestört sein würde, wenn nicht eine große Anzahl kleiner Brückchen vorhanden wäre.

Das Mittel, welches man unter diesen Umständen wählt, ist die Anlage von Sickergräben oder Unterdrains. Es sind dieß kleine mit Erde überdeckte Kanäle, in welche sich das Wasser hineinziehen kann.

Die Ausdehnung und die Vervollkommnungen, welche seit einigen Jahren England in der Verbesserung des kulturfähigen Landes erfahren hat, haben die Aufmerksamkeit der Landwirthe in hohem Grade auf sich gezogen, und es sind diese Arbeiten auch in Frankreich und Deutschland bereits mehrfach mit Erfolg ausgeführt worden.

Die bedeckten Entwässerungsrinnen oder Unterdrains können auf verschiedene Arten ausgeführt werden, die sich nach den lokalen Verhältnissen, nach den Arbeits- und Materialpreisen richten. Die Unterdrains mit irdenen Röhren sind jetzt die am häufigsten angewendeten.

Von welcher Art auch die Ausfüllung und das Zubehör eines Drains sei, so ist doch immer die Eröffnung eines Grabens die erste Operation. Die Tiefe dieser Graben wechselt von 1 bis 1·5 Mtr. mit einer oberen Breite von 0·4 und einer Sohlenbreite von 0·06 bis 0·09 Mtr., wenn es sich um Nebendrains handelt; 0·22 Mtr. aber, wenn von Hauptdrains die Rede ist.

Die beinahe ausschließlich angewendeten Drainageröhren sind von gebrannter Erde und haben eine Länge von 0·36 Meter, deren innerer Durchmesser von 0·03—0·29 Meter abwechselt, je nach dem Volumen Wasser, das sie abzuführen haben; ihre Wanddicke beträgt beiläufig 0·015 Meter. Die Enden der Röhren werden in Muffe gesteckt, welche ebenfalls von gebrannter Erde sind, eine Länge von 0·09 bis 0·12 Meter haben. Fig. 10, Taf. IX. Die Verbindung zweier Drainagelinien geschieht mittelst einer kreisrunden Oeffnung in dem größeren Rohre, in welches das kleinere hineingepaßt wird, Fig. 11. Bei Drainagelinien von einiger Wichtigkeit ist es zweckmäßig, von Strecke zu Strecke kleine Lichtröhren anzubringen, die man vermittelst eines Röhrenstückes von größerem Durchmesser, das mit zwei einander gegenüber liegenden Oeffnungen versehen ist, worin die Drains einmünden, herstellt. Dieses Rohr wird senkrecht gestellt und ruht auf einem flachen Ziegel; die obere Oeffnung schließt man mit einem Rasenstück, einem Ziegel oder flachen Stein und bedeckt es mit Erde, wobei man Sorge trägt, ein Merkzeichen zu erhalten, um sein Auffinden zu erleichtern. Zuweilen hat man auch die Erdröhren durch andere Arten von Leitungen ersetzt.

Die Anwendung von Hohlziegeln auf eine Sohlplatte war schon eine Vervollkommnung der frühern Methoden. Fig. 12, 13 und 14.

Die steinernen Drains sind von kleinem Material gebildet, das man durcheinander auf den Boden des Einschnittes wirft, wie Fig. 15, oder aber man macht kleine Kanäle, wie Fig. 16. Letztere Methode kann im Allgemeinen nicht empfohlen werden, wogegen die Steindrains, welche mit kleinen willkührlich geworfenen Steinen ausgefüllt sind, unter gewissen Verhältnissen sehr gute Dienste geleistet haben. Die Einschnitte erhalten dabei an der Sohle eine Breite von 0·21 Mtr. und werden auf eine Höhe von 0·36 Meter mit den Steinen ausgefüllt. Nach gehöriger Anstampfung der Füllsteine füllt man den Drain mit Kies oder Sand aus und stößt dieselben ebenfalls fest. Ein Belegen der Steine mit Rasen ist nicht zu empfehlen.

Auch mit Strohseilen, Baumzweigen oder Faschinen hat man die Einschnitte schon ausgefüllt, allein es haben sich solche Drains deßhalb nicht bewährt, weil dieses Füllmaterial in feuchtem Boden höchstens eine Dauer von 6—8 Jahren hat.

Bei der Trockenlegung von Torf- und sumpfigem Boden verwendet man mit Erfolg und Oekonomie Röhren, die aus Torf selbst gemacht sind. Sie bestehen aus zwei übereinander gesetzten Theilen, Fig. 17, die innerhalb eine kreisrunde Oeffnung bilden, in welcher das Wasser fließt. Die beiden Theile sind vollkommen gleich und werden mit einem eigens geformten Spaten gestochen und alsdann getrocknet.

In festem Boden und besonders in compactem Thonboden hat man es oft versucht, Drains ohne irgend eine Art von Röhren anzulegen, indem man sich

auf die Festigkeit dieser Erdarten verließ; allein diese können keine Gewähr für die Dauer zeigen und sind ohne Erfolg.

Was die Tiefe und Entfernung der Drains betrifft, so richten sich diese im Allgemeinen nach den localen Verhältnissen und der Beschaffenheit des Bodens. Die geringste Dicke der über der Drainageleitung liegenden Erdschicht soll 0·6 Mtr. bis 0·75 Mtr. betragen, es ist daher die geringste Tiefe des ganzen Drains gleich 0·6 bis 0·75 mehr der Höhe der Leitung selbst. Es würde übrigens nicht hinreichen, die Tiefe der Drains in vorstehender Weise zu bestimmen, sondern es muß auch diejenige Tiefe gegeben werden, welche passend ist, alles überflüssige Wasser abzuführen und gleichzeitig den Spiegel des stagnirenden Wassers zu senken, damit es durch die Wirkung der Capillarität nicht wieder bis zu den Wurzeln oder selbst bis zur Bodenoberfläche aufsteigen könne. Wenn es sich um einen porösen Boden handelt, der unten mit Wasser gesättigt ist, so muß man den Einschnitt so tief legen, daß die Drainröhre auf die undurchdringliche Schicht selbst zu liegen kommt. In allen zweifelhaften Fällen muß man stets einen oder zwei Versuchsgräben eröffnen, welche eine allmählig zunehmende Tiefe erhalten. Man beobachtet sie einige Zeit, um sich von den Lagerungsverhältnissen des Bodens, von der Art, wie das Wasser in jedem Theil zuläuft u. s. w., zu überzeugen und bestimmt aus diesen Beobachtungen diejenige Tiefe der Gräben, welche bei den geringsten Kosten die größte Wirksamkeit verspricht.

In Bezug auf die Entfernung der Drains untereinander lassen sich ebenso wenig feste Regeln angeben, als hinsichtlich der Tiefe. Nach den Angaben von Smith sollte bei festem und compactem Erdreich oder sandigem Thon die Entfernung der Drains 3 bis 5 Mtr. nicht übersteigen; bei leichtem porösem Boden wäre eine Entfernung von 5 bis 7 Mtr. zweckmäßig, und bei sehr porösem Boden könnte man die Entfernung der Drains zu 12 Mtr. annehmen. Im Allgemeinen hängt die Entfernung der Drains von localen Verhältnissen und insbesondere von der Beschaffenheit des Bodens ab. Ist er poröse oder ruht er auf einer durchdringlichen Schicht, deren Drains das Wasser abführen können, so können die Gräben entfernt und tief sein; bei gewöhnlichen Fällen ist es zweckmäßiger, sie näher aneinander zu legen. Auch das Gefälle der Drains ist verschieden, je nach der Art ihrer Ausführung. Thönerne Röhren gestatten ein schwächeres Längengefälle als steinerne Drains. Ein Gefälle von 1:350 ist für die Röhrenstränge hinreichend, während es bei den übrigen Leitungen auf 1:120 betragen muß. Auf der andern Seite muß man es zu vermeiden suchen, den Drains ein zu bedeutendes Gefälle zu geben, weil sonst durch die Geschwindigkeit des Wassers die Materialien, aus welchen die Leitungen bestehen, angegriffen werden könnten.

Traçe und Richtung der Drains. — Die Schwere ist die Kraft, welche das Fließen des Wassers durch die natürlichen oder künstlichen Capillarkanäle des Erdkörpers, auf den ein Unterdrain wirken soll, bestimmt. Das Ziehen der Grabenlinien muß also vor Allem die Wirkung dieser Kraft so weit als möglich begünstigen. Wenn der Boden horizontal ist, so erscheint es gleichgültig, ob die Graben parallel, senkrecht oder schief auf die Richtung der Furchen liegen; ihre Anordnung hängt alsdann von der Lage der Ausflußkanäle und von der Art ab,

wie man den Abfluß regulirt. Hat der Boden ein starkes Gefälle, so ist es Regel, die Unterdrains nicht nach der Richtung dieses Gefälls, sondern sehr schräge dagegen zu führen, so daß sie nur ein geringes Gefälle erhalten und um so sicherer die Wasseradern abschneiden. Gewöhnlich legt man mehrere Hauptunterdrains und führt in diese eine größere Anzahl Nebendrains.

§. 33.

Verdeckte Abzugskanäle in Städten.

Wie die Sickergräben zur Entwässerung von Ländereien, so werden die verdeckten Abzugskanäle — Dohlen oder Siele — unter den Straßen in Städten angelegt, um theils das Regenwasser, theils aber auch das unreine Wasser, welches sonst die offenen Rinnen in den Straßen füllen würde, aufzunehmen und beides nach einem tiefer liegenden Flusse oder See abzuleiten. Sie dienen somit zur Reinhaltung der Straßen und gewähren besonders dann den Einwohnern eine große Bequemlichkeit, wenn die Kothgruben der Abtritte mit ihnen in Verbindung gesetzt werden dürfen, wie dieses in neuerer Zeit in London und Paris der Fall ist. In den meisten größeren Städten Englands, Frankreichs und Deutschlands hat man in gegenwärtiger Zeit solche verdeckte Abzugskanäle. Bei ihrer Anlage hat man hauptsächlich darauf zu sehen, daß sie so viel Gefälle erhalten, als zur Abführung des Schlammes und der sonstigen Siel-Stoffe erforlich ist. In London muß das Gefälle der kleinsten Abzugskanäle bei neuen Anlagen mindestens $\frac{1}{144}$ betragen. In Edinburg haben die Abzugskanäle meist $\frac{1}{60}$ bis $\frac{1}{100}$. Es lassen sich indeß diese Grenzen nicht immer einhalten, namentlich in Städten, die in einem flachen, fast horizontalen Flußthale liegen. Hier findet man zuweilen Gefälle der Hauptabzugskanäle von 1:3000. Z. B. in Hamburg haben die Siele, welche der ersten und zweiten Klasse angehören, 1:3000; die der dritten Klasse 1:1400; die der vierten Klasse 1:500, die Zweigsiele 1:150. Die Reinigung solcher Abzugskanäle erfolgt alsdann auf künstliche Art; in London geschieht dieses sehr einfach durch den verschiedenen Wasserstand in der Themse bei Fluth und Ebbe. Man läßt das Hochwasser in die Kanäle eintreten und schließt alsdann die Mündungen derselben so lange, bis die Ebbe sich eingestellt hat. Werden sie alsdann geöffnet, so stürzt das Wasser mit großer Heftigkeit heraus und der starke Strom führt die Niederschläge mit fort. In Hamburg dagegen hat man den Roe'schen Spülapparat. Es werden in gewissen Entfernungen gußeiserne Stauthore, Fig. 7 a, b und c, Taf. VIII., angebracht, hinter denen sich das Wasser anstaut; diese Thore läßt man unten anfangend plötzlich zurückfallen, wodurch die angesammelte Wassermasse rasch abfließt und die Niederschläge mit sich fortreißt.

In England erhalten die Abzugskanäle fast immer solche Dimensionen, daß sie bequem begangen werden können. Die Taf. VIII. zeigt mehrere Querschnitte solcher Kanäle, wie sie in London, Paris, Edinburg und Hamburg ausgeführt

sind. Die Kanäle in Paris haben unten eine geringere Weite wie oben; die in Hamburg sind röhrenförmig und haben die Vortheile, daß das Abzugswasser mehr Fortschaffungskraft hat, wie bei den andern Formen, und daß sie weniger Material erfordern. Sehr wesentlich ist die Art der Zuleitung des Wassers in diese Abzugskanäle und zwar ebensowohl von den Straßen aus, als aus dem Innern der Häuser. Der Schnitt OP in Fig. 1, Taf. VIII, zeigt die gewöhnliche Anordnung. Die Bedeckung des Abfallschachtes geschieht entweder mit einer Stein- oder Gußplatte. In Hamburg sind die von den Straßenrinnen in die Abzugskanäle führenden Schachte gekrümmt und haben die Anordnung Fig. 4. Die Mundlöcher sind mit eisernen Gittern bedeckt. Die Fig. 2 stellt eine Straßeneinrichtung in London dar; es bezeichnet in derselben A den Abzugskanal, B und B′ die Wassereinlässe mit den Gittern, C eine von einem Hause in den Hauptkanal führende Leitung. Der Durchschnitt dieser Leitungsröhren ist gewöhnlich rund; sie sind von Ziegeln und mit hydraulischem Cement ausgeführt. Das Gefälle der Leitung C beträgt zwischen $\frac{1}{48}$ und $\frac{1}{144}$. D und D′ sind benachbarte Gebäude; C, C′ Höfe vor den Häusern; F, F′ gewölbte Räume unter dem Trottoir, die als zu den Gebäuden gehörige Theile als Kohlenmagazine benützt werden können. G, G′ über die Straße erhöhte Trottoirs, welche mit den benachbarten Häusern in Verbindung stehen.

Zur Reinigung der Abzugskanäle sind in der Regel alle 50 Mtr. Einsteigschachte nothwendig. Solche sind in Fig. 1 bei ST, LK und CD ersichtlich. Sie werden durch gemauerte Schachte gebildet, die durch gußeiserne Platten verschlossen sind. Außer diesen Einsteigeschachten sind noch Luftschachte anzubringen, dieselben haben die Anordnung Fig. 5, und sind mit durchlöcherten gußeisernen Platten bedeckt.

Bei der Hamburger Sielenanlage haben die Reinigungsschachte die Anordnung Fig. 6, und sind außerdem noch besondere Einsteigeschachte, Fig. 3 a, b, c angelegt, welche zugleich an die Stellen der Hauptsiele führen, wo Schützen sind, deren Zweck ist, das Wasser in einer Sielabtheilung zurückzuhalten, im Falle eine Reparatur in der zunächst unterhalb liegenden Sielabtheilung vorgenommen werden soll. *)

§. 34.

Entwässerung durch Aufschwemmung von Material oder Colmationen.

Oefters kann der Sumpf, den man entwässern will, so niedrig liegen, daß die Senkung des Wasserspiegels bis unter seine Oberfläche nicht möglich ist; in diesem Falle finden die künstlichen Erhöhungen des Bodens ihre Anwendung.

Diese Erhöhungen können auf verschiedene Arten bewirkt werden:

a) Indem man das Füllmaterial zur Erhöhung des Sumpfes von irgend einer Anhöhe entnimmt und unmittelbar auf denselben auffarrt.

*) Förster, Bauzeitung. 1846.

b) Indem man das Wasser zur Herbeiführung des Materials benutzt, und zwar entweder indem man künstlich die Bäche gegen hohe sandige Ufer führt und sie dadurch zwingt, dieselben anzugreifen und den Sand mit sich zu reißen, wobei man auch noch das Ufer abzustechen und den Sand in den Bach zu werfen pflegt, oder aber man überläßt den Bächen und Flüssen die Zuführung des Materials, und bemüht sich nur dieses möglichst vollständig in denjenigen Stellen niederzuschlagen, die man erhöhen will. Der erste Fall tritt bei der Darstellung der Schwemmwiesen ein, der letzte, als der wichtigste, wird vorzugsweise unter der Benennung Colmation (Ablagerung) verstanden.

Die Erhöhung des Sumpfgeländes durch Auffarren des Materials wird nur selten vortheilhaft sein; an der untern Lippe hat man zwar viele niedrige Wiesen auf diese Art erhöht, weil unmittelbar daneben die höheren sandigen Ufer liegen, allein für größere Flächen, wo das Material weit transportirt werden muß, ist diese künstliche Erhöhung nicht ausführbar.

Bei der Anlage der Schwemmwiesen wird ein Zuleitungskanal aus dem Flusse oder Bache abgeleitet, der das nöthige Wasser liefern kann. Dieser Bach wird oberhalb der zu corrigirenden Stelle stark angespannt, damit das Wasser mit möglichst großem Gefälle gegen das sandige Ufer hingeführt werden kann. Damit aber dieses Ufer regelmäßig abbricht, so kommt man der Wirkung des Wassers noch durch Abgraben zu Hülfe, indem man das Material immer in die Strömung wirft, die es sogleich mit sich fortreißt und in der ersten Vertiefung liegen läßt. Indem man nur den Zuleitungskanal allmählig verlängert und auf der Thalseite immer wieder beufert, bewirkt man, daß der Angriff des sandigen Ufers sich fortsetzt und sonach auch die Ablagerung auf die ganze Sumpffläche vertheilt wird. Hat sich überall die nöthige Menge Sand abgelagert, so wird die Fläche durch Handarbeit geebnet und später zur Ueberrieselung hergerichtet. Dabei hat man natürlich darauf zu achten, daß das zugeleitete Wasser in der Thalrinne einen Abzug erhält.

Die Colmationen, als die wichtigsten Anlagen, erfordern, daß man einen Fluß oder Bach habe, welcher viele erdige Stoffe mit sich führt. Vorzüglich sind es also die Gebirgsflüsse und zwar solche, die nicht auf nackten Felsen ihre Quellen sammeln, die sich zu Colmationen eignen, jedoch auch diese nur zur Zeit der stärksten Anschwellungen. Es beschränkt sich deßhalb auch die Zeit, während der die Colmation in Thätigkeit sein kann, immer nur auf einige Tage. Das Verfahren besteht darin, daß man den Fluß an diejenige Stelle leitet, welche erhöht werden soll; damit aber keine Geschiebe unterwegs liegen bleiben, muß das neue Flußbett regelmäßig und mit möglichst gleichmäßigem Gefälle angelegt werden. Die Sohle an der Einmündung des Ableitungskanals muß in der Höhe der Sohle des Flusses liegen, damit alle erdigen Stoffe von dem ersteren aufgenommen werden; auch eine Anstauung des Flußwassers durch ein festes Wehr darf nicht stattfinden, indem sich sonst die Materialien schon vor dem Eintritt in den Kanal ablagern würden. Ist das trübe Wasser an Ort und Stelle angekommen, wo es seine erdigen Stoffe ablagern soll, so hat man dafür zu sorgen, daß es möglichst in Ruhe kommt. Dieses geschieht am wirksamsten durch die Umdeichung des

betreffenden Sumpfgeländes. Diese Umdeichung hat an derjenigen Stelle, wo der Abfluß des Wassers später erfolgen soll, eine Oeffnung, welche jedoch mit einer Balkenwand verschlossen und so hoch ist, als es die localen Verhältnisse überhaupt gestatten. Fängt das Wasser an, sich an der Oberfläche zu klären, so werden einige Balken herausgenommen, und hat sich endlich alles erdige Material abgesetzt, so nimmt man die weitern Balken nach und nach nach Maßgabe der Senkung des Wasserspiegels heraus.

Auf diese Art werden einzeln Flächen und Felder der Niederung erhöht, und man geht mit diesen Anlagen im Allgemeinen von oben nach unten fort, und wo die Ablagerung bereits erfolgt ist, da gibt man dem Flusse einen solchen Lauf, daß er seine Geschiebe alle weiter führt, um sie in die untern Flächen absetzen zu können. Ist endlich die ganze Niederung zur beabsichtigten Höhe herangewachsen, so kann dem Fluß sein früherer Lauf wieder angewiesen werden, jedoch im Falle er durch die Niederung selbst zieht, mit dem Unterschiede, daß man ihn möglichst gerade leitet und dafür sorgt, daß die Geschiebe keine Erhöhung des neuen Bettes veranlassen, da durch diese wieder eine Versumpfung entstehen könnte. Man wird in dieser Hinsicht gut thun, die Ufer des Flusses in den obern Strecken zu reguliren und anzupflanzen, auch die Sohle zu firiren oder nöthigenfalls durch Grundwehre flacher zu machen.

Beispiele solcher Colmationen finden wir bei den Trockenlegungen des Chiana-Thals und der Sümpfe von Grosseto. Im Chiana-Thal benützte man fünf Gebirgsflüsse, die alle mehr oder weniger reich erdige Stoffe führten. Es wurden in der Niederung einzelne Bassins mit niederen, 2½′ hohen Dämmchen gebildet; die Größe dieser Bassins richtete sich nach der Breite resp. Wassermenge der Flüsse, welche sie füllen sollten. Diese letztern wurden in eingedeichten Kanälen in die Bassins geleitet; damit aber das Wasser die Dämme nicht zerstören konnte, so sorgte man durch einen sog. Regulator für den Abzug des Wassers. Dieser Regulatur war eine Oeffnung im Damme, deren Tiefe etwa 2′ und deren Weite je nach dem Zufluß verschieden groß angenommen wurde. Nach Ablauf des Hochwassers ließ man das Wasser durch niedere Schleusen ganz abziehen. Auf diese Art wurden etwa 236 Millionen Kubikmtr. Erde auf die sumpfigen Stellen des Thales gelagert, welche dieselben so erhöhten, daß sie jetzt die herrlichsten Fluren sind.

Aehnlich verfuhr man bei den Sümpfen zu Grosseto. Es wurden aber keine kleinen Weiher oder Bassins gebildet, sondern man suchte die Strömung mehr durch Abschließung der tiefen Wasserrinnen und durch Zäunungen zu mäßigen und somit den Niederschlag zu befördern. Bevor man aber an die eigentliche Colmation gehen konnte, mußte das Eintreten des Meeres in die Entwässerungsgräben verhindert werden; man baute daher an der Mündung des Hauptentwässerungskanals bei Castiglione ein großes Siel mit drei Paar Stauthoren, welches bei niedrigem Stande der See das Wasser abführt und sich von selbst schließt, wenn die See steigt.

§. 35.

Austrocknung des Haarlemer Meeres. Fig. 18, Taf. IX.

Das Haarlemer Meer gehört zu dem Bezirk und Bassin Hollands, der seit undenklichen Zeiten unter dem Namen Rheinland bekannt ist; er ist im Norden vom Y begrenzt, dehnt sich in Westen längs der Nordsee aus, und reicht südlich vom Haag bis ungefähr Gonda, östlich von Gonda bis Amsterdam. Das Rheinland ist gegen die Nordsee durch die Dünen, gegen das Y durch einen hohen Damm geschützt, welcher von den Dünen bis Amsterdam reicht und dessen Krone 3 Mtr. über dem Amsterdamer Pegel (A. P.) liegt. Die Grundfläche des Rheinlandes vertheilt sich folgendermaßen:

Bassin	22700	Hektaren
natürliches Terrain . .	30740	„
Polder	70060	„

Das Bassin des Rheinlandes entleert sich nach 3 Seiten: 1) In das Y, bei Sparendam und bei Halbweg; 2) in die Nordsee durch die Schleusen bei Katwyk; 3) in die Yssel bei Gonda.

Die Wirksamkeit des Ausflusses nach diesen 3 Seiten ist jedoch sehr verschieden. Im Y fällt die Ebbe selten unter 0·36 Mtr. — A. P., während das mittlere Niveau des Bassins im Sommer 0·65 Mtr. — A. P., im Winter 0·39 Mtr. — A. P. beträgt. Von einem Ausflusse könnte also keine Rede sein, wenn die Wirkungen des Windes nicht wären. Wenn nämlich der Wind lang und stark nach einer Richtung bläst, so hört die Oberfläche des Meeres auf horizontal zu sein, und nimmt die Gestalt einer schiefen Ebene an. Der Wasserspiegel fällt also auf der einen Seite und steigt auf der andern, und dieses Fallen macht z. B. am Haarlemer Meer nahe 1 Meter. Also auf dem Beistand des Windes beruht auch der Ausfluß des Rheinland'schen Bassins in das Y, da der Süd- und Südostwind die Meeresfluthen von den Schleusen wegwehet, so daß ihr Niveau unter das der gewöhnlichen Ebbe herabfällt. Da sie aber zu gleicher Zeit auch eine starke Neigung in dem Wasserspiegel des Bassins bewirken, und zwar ansteigend gegen dieselben Schleusen bei Sparendam und Halbweg, so entsteht eine große Höhendifferenz zwischen den äußern und innern Gewässern. Das Weitere beruht also nur auf einer passenden Behandlung der Schleusenthore.

In der Nordsee bei Katwyk ist die Ebbe beträchtlicher als im Y, und fällt gewöhnlich bis 0·7 Mtr. — A. P. Der Ausfluß bei Katwyk ist also regelmäßiger, als auf der Seite gegen das Y, und wird gerade durch diejenigen Winde befördert, welche die Schließung der Schleusen im Y nothwendig machen. Hierdurch erklärt sich auch die Wichtigkeit des Kanals von Katwyk. Der dritte Ausfluß gegen die Yssel ist durch die bedeutenden Versandungen dieses Flusses fast Null.

Das Haarlemer Meer liegt im nördlichen Theil des Rheinlandes. Der Raum, welchen es gegenwärtig einnimmt, war ehemals größtentheils ein bewohnter Landstrich. Nach einer alten Karte bestanden daselbst im Jahre 1531 nur vier kleine See'n mit einem Flächeninhalt von 6000 Hektaren. Diese See'n vereinigten und erweiterten sich später bis zu 18000 Hektaren und man befürchtete vor Allem

auch eine Vereinigung mit den angrenzenden Torfsee'n, welche sich ihrerseits durch das Stechen des Torfs ununterbrochen vergrößerten.

Der Grund des See's liegt im Allgemeinen 4,0 Mtr. unter der gewöhnlichen Wasserfläche. Auf 5 Mtr. — A. P. findet sich eine Lage von reinem Thon, darüber eine von vermischtem Lehm und dann an den meisten Stellen eine Schicht fruchtbarer schwarzer Erde.

Theils um der immer weiter greifenden Ausdehnung des Haarlemer Meeres Einhalt zu thun, theils auch um fruchtbaren Boden zu gewinnen, faßte man schon im Jahr 1617 die Idee, dasselbe auszuschöpfen. Es wurden bis zum Jahr 1839 eine Menge Projecte gemacht, bis endlich im letztgenannten Jahre die Prinzipien festgestellt wurden, auf welchen die Ausführung des Riesenwerks beruhen soll. Sie sind der Hauptsache nach folgende:

1) Die Austrocknung erstreckt sich auf das ganze Meer, zusammen 18100 Hektaren oder 181000000 □Mtr., und auf die mittlere Tiefe von 4 Mtr., was 724000000 Kubikmtr. Wasser ausmacht.
2) Das Meer wird durch einen starken Ringdeich isolirt, welcher keine Schleusen zum Einlaufen von Schiffen in den künftigen Polder erhält, und dessen Länge 59600 Mtr. betragen soll.
3) Längs und rings um diesen Deich wird ein breiter Kanal gegraben, welcher mit allen denjenigen Kanälen communicirt, die das Wasser nach den Schleusen in der Nordsee und dem Y bringen, und welcher die Schifffahrt auf dem See ersetzen soll. Wo dieser Kanal Polder durchschneidet, werden Isolirungsdeiche hergestellt.
4) Das Wasser aus dem Meer wird in das Bassin des Rheinlandes und nicht direct in die äußeren Gewässer gepumpt.
5) Für die Entleerung des Bassins, welches durch die große Wassermasse vermehrt und dennoch in Folge der Austrocknung verkleinert wird, ist Sorge zu tragen, indem man a) den Ableitungskanal gegen Katwyk verbessert, b) das Bett der Spaarne vertieft, c) bei Sparendam eine Dampfmaschine von mindestens 180 Pferdekräften zur Wegschaffung des Wassers in das Y errichtet; d) nöthigenfalls noch eine Schleuse bei Halbweg erbaut.
6) Das Bassin des Rheinlandes muß während der trockenen Jahreszeit mit Wasser gespeist werden können.
7) Die Schifffahrt muß auf alle Weise als Ersatz für den künftig zu machenden Umweg erleichtert werden.
8) Zum Ausschöpfen des Wassers wird ausschließlich die Dampfkraft angewendet. Es werden zu diesem Behufe auf 3 Punkten Maschinen erbaut, nämlich an dem Spaarne-, dem Kager- und dem Lutkemeer.
9) Für das ganze Unternehmen sind 8 Millionen genehmigt.

Die Ausführung des Unternehmens zerfällt daher in 2 Hauptmomente:

1) Das Wasser aus dem Haarlemer Meer in den Entwässerungskanal und
2) von demselben in die Nordsee oder das Y zu schaffen.

Wie die erste Aufgabe gelöst wurde, soll in dem Folgenden mitgetheilt werden.

Die erste Operation, mit der man sich für die Austrocknung des 1800 Hekt. großen Haarlemer Meeres beschäftigte, hatte den Zweck, diesen See von den anstoßenden Gewässern vermittelst eines Umfangskanales zu trennen, welcher gleichzeitig dazu bestimmt war, diejenigen Gewässer aufzunehmen und nach dem Meere abzuführen, welche bisher in den See mündeten, und um den Fahrzeugen eine Straße zu bieten, welche ehemals dieses Binnenmeer durchkreuzten. Dieser 38 bis 42 Mtr. breite, 3 Mtr. tiefe und beiläufig 59600 Mtr. lange Kanal kostete pro Mtr. je nach der Beschaffenheit des Terrains und der Wassertiefe in der Umwallung 43 bis 250 Franks. Während der Kanal gegraben und von festen Deichen eingefaßt wurde, beschäftigte man sich mit dem Baue der nothwendigen Gebäude für die zur Ausschöpfung des Wassers bestimmten Dampfmaschinen, und man construirte eine dieser Maschinen, mit der ein Versuch gemacht werden sollte, bevor man den Bau der übrigen Maschinen unternahm. Drei derselben schöpfen das Wasser aus dem See, und eine vierte, die Spaardamer Maschine genannt, hebt das Wasser aus dem Umfangskanal in den Meeresarm Y, wenn die Fluth sich über das Niveau des Kanals erhebt. Ein fünfte Maschine bei Halbweg hat den gleichen Zweck, wie die bei Spaardam.

Als die erste Maschine, die bei Leghwater aufgestellt wurde, den Erwartungen entsprach, führte man die beiden andern nach demselben System aus und veränderte nur einige nebensächliche Anordnungen. Bei der Maschine von Haarlem, „Cruquius" genannt, sowie bei der Maschine „Lynder" wurden alle jene Vervollkommnungen angebracht, die bei den ersten Versuchen als nützlich erkannt wurden, und unterscheiden sie sich von der bei Leghwater nur durch die Zahl der Schöpfpumpen, welche bei letzterer 11, bei den beiden andern aber nur 8 beträgt.

Die Maschine Cruquius ist eine einfach wirkende Dampfmaschine mit Expansion und Condensation; sie besteht aus 2 concentrischen Dampfcylindern, um welche in einem halben Kreise regelmäßig 8 Pumpen zum Ausschöpfen des Seewassers angebracht sind, die ihre Bewegung durch eine gleiche Anzahl von Balanciers erhalten. Die Pumpen stehen außerhalb des Maschinengebäudes in einem offenen Kanal, der seiner Höhe nach in zwei Theile geschieden ist, wovon der untere mit dem See durch Oeffnungen in Verbindung steht, die nach Belieben geschlossen werden können, während der obere Theil unmittelbar mit dem Umfangskanal communicirt, von dem er ebenfalls getrennt werden kann. Die Balanciers, welche die Dampfkolben mit den Pumpenkolben verbinden, gehen in länglichen Einschnitten durch die halbkreisförmige Mauer des Maschinenhauses, und auf dieser Mauer selbst ruhen die Achsenlager der Balanciers; die beiden Piston sind durch fünf Stangen mit einander verbunden, die mittlere stärkste befindet sich am innern Piston, die vier andern gehören dem ringförmigen Kolben an.

Diese fünf Stangen tragen einen großen runden Trog, an welchen sie bebefestigt sind. Er ist mit Ballast ausgefüllt. Damit aber die Kolbenstangen nicht mit dem ganzen Gewichte belastet werden, welches der Nutzhub der Maschine zu heben hat, so liegt ein Theil des Ballastes unmittelbar auf dem Kolben.

Die in der Achse des Gebäudes an der Seite des See's aufgestellte Luftpumpe wird durch einen neunten Balancier in Bewegung gesetzt, der mit einem

Ende durch eine Bläuelstange mit dem gußeisernen Troge befestigt ist, während das andere Ende durch eine Achse mit Zapfen gehalten wird, deren Lager sich zwischen zwei horizontalen Führungen bewegen, um der durch die Leitungen gehaltenen Pumpenstange, ungeachtet der Oscillationen des an dem Troge befestigten Endes, die verticale Bewegung zu gestatten.

Die auf diese Art construirte Maschine wird in Bewegung gesetzt durch den Dampf von vier Atmosphären, der in sechs Kesseln gebildet wird, die in einem rechtwinklichen Gebäude stehen, das mit dem Maschinenhause zusammenstößt. Die Pumpen heben das Wasser während des Füllens der Dampfkolben, d. h. unter der vereinigten Wirkung einestheils des Gewichts des Troges, der Kolben, ihrer Stangen und der etwaigen Gegengewichte, anderntheils des auf den ringförmigen Kolben wirkenden Dampfdruckes, während die Condensation unterhalb vor sich geht. Der innere Cylinder hat einen Durchmesser von 2,133 Mtr., der äußere von 3,657 Mtr.; der ringförmige Raum hat eine Oberfläche von beiläufig 6,8 □Mtr., was zur Folge hat, daß der Dampf ziemlich um die Hälfte seiner Spannung verliert, indem er von einem Cylinder in den andern übergeht. Ein Mantel von nicht leitendem Stoffe umgibt den äußern Cylinder. Die Stiefel der Schöpfpumpen haben 1,854 Mtr. Durchmesser und der Kolbenhub beträgt 3·05 Mtr. Die Maschine macht gewöhnlich 6½ Kolbenhube in der Minute. Die Konsumtion der Kohle beträgt 2,5 Kil. pro Pferdekraft, und wenn die Maschine in vollem Gange ist, hat sie eine Kraft von 400 Pferden. Eine jede Pumpe liefert bei jedem Hube 8 Kubikmtr., folglich alle 8 Pumpen zusammen 64 Kubikmeter, und da in der Minute 6½ Hube gemacht werden, so beträgt die ausströmende Wassermasse in dieser Zeit 416 Kubikmeter.

Die Maschine von Spaardam ist dazu bestimmt, das Wasser aus dem Umfangskanal 1,1 Mtr. zu heben, um es in das Y zu befördern, wenn der Meeresspiegel durch Fluth gestiegen ist. Diese Maschine von 200 Pferden ist nach einem ganz andern System angeordnet, als das der Schöpfmaschinen ist. Sie besteht aus einem horizontalen Dampfcylinder von 1·5 Mtr. Durchmesser, von welchem aus die Bewegung nach 10 Wasserrädern fortgepflanzt wird, die in gemauerten Rinnen laufen und so das Wasser 1,1 Mtr. hoch heben. Sie machen 10 Umgänge pro Minute.

Das auf beschriebene Art eingerichtete Ausschöpfungssystem wurde im April 1849 in Gang gesetzt und nur bei Reparaturen unterbrochen.

Wenn die drei Maschinen zusammen arbeiten, so können sie in einer Minute 1248 Kubikmtr. Wasser schöpfen, dieß gibt für einen Tag à 24 Stunden 1797000 Kubikmtr. und da nun die ganze Wassermasse 724000000 Kubikmtr. beträgt, so wären 403 Tage oder 1,1 Jahre zur völligen Ausschöpfung erforderlich, wenn durch die atmosphärischen Niederschläge nicht weitere Wassermassen hinzukämen. Da die letztere Voraussetzung nicht gemacht werden kann, so werden stets einige Maschinen im Gange bleiben müssen, um weitere Wasseransammlungen zu verhindern.

2. Bewässerungen.

§. 36.

Allgemeine Bemerkungen.

Das wichtigste Beförderungsmittel der Wiesenvegetation ist eine nach besten Regeln eingerichtete und geleitete Bewässerung und zugleich damit verbundene Entwässerung der Wiesen. Bei nassen, sumpfigen Gründen muß letztere stets der ersteren vorangehen. Auch die zu einer Bewässerung nicht geschickten Gebiete müssen vorerst von dem im Boden haftenden schädlichen Wasser, welches nur das Emporkommen schlechter Grasarten befördert, durch zweckmäßig angelegte Abzugsgräben befreit werden, ehe eine weitere Verbesserung möglich ist.

Das Gedeihen guter Wiesenpflanzen erheischt eine gewisse Abwechselung in der Feuchtigkeit und Trockenheit des sie erzeugenden Bodens. Diesen wohlthätigen Wechsel bietet die Natur nicht immer dar, aber durch künstliche Anstalten — Be- und Entwässerung können wir ihn in unsere Macht und Willkür bringen und den Ertrag einer Wiese auf das Dreifache, ja sogar auf das Sechsfache vermehren. Schon ganz reines Wasser wird von außerordentlichem Nutzen sein, wenn dasselbe aber noch animalische, vegetabilische oder mineralische Dungstoffe mit sich führt, so ist es für die Bewässerung nur um so nützlicher, weil sich dieselben auf der Wiesenoberfläche ansetzen und den Humusgehalt und somit die Erzeugungsfähigkeit des Bodens vermehren.

Alle Gewässer aber sind, vermöge der denselben beigemengten Substanzen nicht von gleicher Wirkung auf die Verbesserung der Wiesen. Das vorzüglichste Wasser enthält unstreitig der durch Felder und Ortschaften strömende Bach oder Fluß; er hat in seinem Laufe eine Menge von Dungstoffen aufgenommen, und ist meist von milder Temperatur. Von gleicher Güte ist das nach starkem Regen von den Höhen sich sammelnde Feldwasser. Nächst diesem folgt das warme Quellwasser, sowie überhaupt alles andere Wasser, welches Kalk- und Salztheile enthält, die den Humus zersetzen und somit da um so fruchtbarer sind, wo sich derselbe in reichlicherem Maße vorfindet. Störend für die Vegetation ist das Wasser aus Moor- und Torfgründen; nur nach weitem Laufe, wenn seine Säure verdunstet ist, die Eisentheile niedergeschlagen sind, es selbst sich mit anderm guten Wasser vermischt hat, darf es auf Wiesen verwendet werden.

Vor jeder Anlage einer Wässerung sind gewisse Rücksichten in Erwägung zu ziehen. Nach genauer Recognoscirung und Aufnahme der Fläche, welche bewässert werden soll, und nach sorgfältigen Nivellements, wird sich die Richtung ergeben, welche man dem Hauptkanal und den aus ihm abgehenden Zuleitungsgräben geben muß. Hiernach ist die möglichst größte nutzbare Ausdehnung der Bewässerung und die möglichste Ersparung der Kosten zu berücksichtigen. Ueberhaupt soll der Bewässerungsplan nicht für einzelne kleine Wiesenstücke, sondern immer gleich für eine ganze Wiesenflur gemacht werden. Ein Hauptaugenmerk ist auf die Menge des zur Verfügung stehenden Wassers zu richten, um darnach die Ausdehnung der anzulegenden Bewässerung bestimmen zu können. Man muß

daher in verschiedenen Jahreszeiten den Wasserzufluß genau beobachten, und die Bestimmung hauptsächlich nach demjenigen machen, der auch zur Zeit der größten Dürre noch fortdauert. Wo die vorhandene Wassermenge sehr klein ist, kann man durch einen möglichst sparsamen und wiederholten Gebrauch derselben oft viel ausrichten, indem man es, wenn es eine Fläche bewässert hat, wieder auffängt, und einer zweiten, von dieser einer dritten und vielleicht noch weitern Fläche zuleitet.

Nach der Bestimmung der nöthigen Wassermenge hat man sich auch über das Recht der Benützung derselben hinreichende Sicherheit zu verschaffen; denn sehr häufig tritt der Fall ein, daß ober- oder unterhalb liegende Mühlbesitzer der Anlage Hindernisse in den Weg legen. Noch eine weitere Rücksicht ist endlich auf den Abzug des gebrauchten Wassers zu nehmen, denn ohne einen gehörigen vollkommenen Abzug kann man sich von der Bewässerung keinen großen Vortheil versprechen, es kann im Gegentheil ein sonst nutzbarer Boden in Sumpf verwandelt werden. In den meisten Fällen findet man jedoch hierin keine Schwierigkeiten und es bleibt oft nur noch zu berücksichtigen, daß unterhalb liegende Ländereien durch das Abflußwasser keinen Schaden erleiden.

Im Allgemeinen findet die Bewässerung der Ländereien auf zweierlei Arten statt, entweder durch Ueberstauung oder durch Ueberrieselung. Die erstere tritt mehr in wärmern Climaten beim Getraidebau ein, doch wendet man sie auch häufig bei Wiesen zur Beförderung des Graswuchses an, während die letztere sich allein auf Wiesen beschränkt. Nach der ersten Methode wird in geeigneter Jahreszeit und oft wiederholt das Feld ganz unter Wasser gesetzt, bleibt einige Tage damit bedeckt, wobei theils eine starke Durchnässung des Bodens erfolgt, theils aber auch die im Wasser schwebenden düngenden Stoffe sich niederschlagen und zur Befruchtung wesentlich beitragen. Bei der Ueberrieselung wird dagegen über die Wiesenfläche, möglichst gleichmäßig verbreitet, eine kräftige Strömung geführt, die jedoch so nieder ist, daß sie keineswegs den Rasen bedeckt, sondern daß die Grasblättchen überall über das Wasser hervorragen und man letzteres nur dazwischen durchschimmern sieht.

Der Ueberrieselungsbau zerfällt in zwei Hauptarten: Diese sind

a) Hangbau, wo die Oberfläche eine durchgehends sanft sich abdachende Ebene darstellt;

b) Rückenbau, wo die Oberfläche in Beete oder Rücken gebildet worden ist, auf deren Kämmen das Wasser hingeführt wird.

Sowohl der Hang- als der Rückenbau ist entweder künstlicher oder natürlicher. Er ist künstlich, wenn die Fläche nicht in ihrer natürlichen Gestalt belassen, sondern durchgehends umgebaut und in einzelne, vollkommen planirte Ebenen gelegt wird, die dann mit den nöthigen Gräben durchzogen werden. Er ist natürlich, wenn die Gestalt der Oberfläche im Ganzen dieselbe bleibt, nur die der Ueberrieselung besonders hinderlichen Unebenheiten ausgeglichen, und dann die nöthigen Gräben mit dem ihnen zukommenden Gefälle, hinsichtlich ihrer Richtung, den Formationen der Fläche angepaßt werden.

Sowohl bei der Ueberstauung als der Ueberrieselung sind folgende Zwecke zu erreichen:

1) Die disponible Wassermenge, oder ein gewisser Theil davon, auf die höchsten Punkte des Geländes zu führen,
2) von letztern aus nach allen Seiten hin das Wasser gleichmäßig zu verbreiten, und
3) nach vollzogener Wässerung das Gelände oder die Wiese wieder vollkommen trocken zu legen.

§. 37.

Von der Ueberstauung oder Ueberschwemmung.

Die Bewässerung durch Ueberschwemmung war schon in dem frühesten Alterthum bekannt, denn ein Theil von Egypten wurde seit dem Anfange der historischen Zeit ebenso bewässert, wie dieses noch heute geschieht. Die natürlichen Anschwellungen des Nils setzen die Bewässerungsanlagen in Thätigkeit; sie bestehen in einer Menge von Abschließungen, welche in dem westlichen Arme des Nils oder dem sog. Josephs-Kanale angelegt sind. Auf 70—80 Meilen Länge von Dendyra bis Cairo fließt nämlich dieser 300′ breite Kanal in einem Abstande von 1 — 2 Meilen parallel mit dem 2000′ breiten Nilstrome, ist vielfach mit demselben durch kleinere Kanäle verbunden und dient zur Bewässerung des zwischen beiden Armen liegenden Landstrichs. Vor jeder Abschließung staut sich das Wasser bis zu derjenigen Höhe auf, welche der Wasserspiegel des Nils an der Einmündung des nächst oberhalb gelegenen Verbindungskanales erreicht, also nach Maßgabe des Gefälles, das der Nil auf die Strecke hat, steigt es um mehrere Fuß höher, als die natürliche Anschwellung des Stromes hier erreicht. So bilden sich treppenweise die Bewässerungsbassins hinter einander, deren Staudämme nach erfolgter Wässerung künstlich durchstochen werden. Sobald alsdann die angesammelte Wassermenge sich wieder verloren hat, ist der Boden so gedüngt, daß die Saat sogleich ohne Weiteres ausgestreut werden kann.

In neuerer Zeit ist das System der Bewässerung durch Ueberschwemmung am meisten in der Lombardei ausgebildet, und das Wasser der von den Alpen herabkommenden Flüsse wird zu diesem Zwecke so vollständig benützt, daß man im Sommer während der Bewässerungszeit nicht einen Tropfen Wasser in den Flußbetten bemerkt. Das Terrain ist fast ganz eben und zeigt nur im Allgemeinen fast unmerkliche Neigung gegen den Po zu. Die Zuleitungskanäle, welche von jenen Flüssen ausgehen, ziehen sich am Fuße der Anhöhe auf der obern Seite des ebenen Terrains hin; aus diesen gehen nun zahlreiche Gräben ab, welche der allgemeinen Neigung des Terrains folgend, sich von Norden nach Süden hinziehen, und auf beiden Seiten von niedrigen Erddämmchen eingeschlossen, die einzelnen Felder begrenzen. Jedes Feld ist ringsum eingedammt und ein kleines Schütz gestattet auf der obern Seite den Eintritt des Wassers; sobald aber dieses Schütz geöffnet wird, schließt man ein anderes, das den Graben dicht darunter sperrt, damit alles Wasser, welches dieser abführt, in das zu bewässernde Feld treten muß. Ist die Bewässerung in genügendem Grade erfolgt, das heißt, sind etwa 3 oder 6″ Wasser in den Boden eingedrungen, so schließt man das Schütz und läßt das Wasser dem nächsten Feld zu u. s. f.

Diese Ueberschwemmung wird öfters wiederholt, bis das Getraide zur Reife kommt.

Auch in Frankreich kommen mehrfach solche Bewässerungen vor und man rechnet z. B. in der Provence auf jede Hektare 7 1/4 Wasserzolle, wenn alle Monate einmal jedes Feld bewässert wird.

In Deutschland tritt der Ueberstauungsbau nur bei Wiesen ein, und zwar wenn dieselben für die natürliche Berieselung nicht genug Gefälle haben oder der Kunstbau zu hoch käme.

Die geringen Anlage- sowie Unterhaltungskosten machen diese Wässerungsart auch da gut rentirend, wo nicht das ganze Jahr hindurch, sondern nur im Frühjahr und Herbst, Wasser zu Gebote steht. Die Ueberstauung verlangt, daß das Wasser so hoch herangeführt werde, daß die höchsten Stellen der Wässerungsfläche einige Zolle bedeckt werden können. Die Wässerungsfläche wird mit einem Damme eingefaßt, dessen Krone horizontal ist. Der Eingang des Zuleitungsgrabens ist durch eine Schleuse zu öffnen und zu verschließen, ebenso in der tiefsten Gegend der Ausgang des Abzugsgrabens. Auf der Wiese selbst sind die tiefen Stellen mit Abzugsgräben zu versehen, die sich alle in einem Hauptentwässerungsgraben vereinigen, der nach der Ausgangsschleuse führt. Die Fig. 1, Taf. XVI a, stellt eine solche Stauwiese mit getrennten Stauflächen dar. Wenn nämlich die ganze Fläche von bedeutender Ausdehnung ist und auf ihrer ganzen Länge ein Gefälle von etwa 1·5 Mtr. hat, so bringt man nicht die ganze Fläche unter einen Stau, sondern theilt sie in einzelne Flächen ab, die durch Dämmchen von einander getrennt sind. a ist der Zuleitungsgraben, der noch innerhalb des Dammes b sich nach beiden Seiten hinzieht, um das Wasser rascher zu verbreiten. c ist die Eingangs-, d die Ausgangsschleuse, e der Abzugsgraben, f, f sind noch kleine Schleuschen, damit bei Wassermangel die einzelnen Flächen nacheinander überschwemmt werden können.

Kleinere Anhöhen in der Wiese sind abzutragen und damit Vertiefungen auszufüllen; dabei muß stets der gute Grund wieder oben hinkommen.

§. 38.

Von der Ueberrieselung.

Die Ueberrieselung ist der Ueberstauung unbedingt vorzuziehen und sollte daher immer angewendet werden, wenn nur äußerst die Gefällsverhältnisse der zu bewässernden Fläche dazu geeignet sind, das ist, wenn das allgemeine Gefälle nicht weniger als ein Procent beträgt. Die Vortheile der Ueberrieselung bestehen hauptsächlich darin, daß man mit wenig Wasser eine große Fläche zu jeder beliebigen Zeit bewässern kann und daß die Anlage im Allgemeinen eine sehr einfache ist und sich fast überall, in der Ebene wie im Gebirge, ausführen läßt. Nothwendiges Erforderniß bei der Ueberrieselung muß es immer sein, daß ein hinreichender Wasservorrath das ganze Jahr hindurch zur Verfügung steht, denn die Bewässerung des Herbstes und Frühjahrs muß düngend, die des Vorsommers

aufblühend, die des Sommers erhaltend und die des Winters auf die der Vegetation nachtheiligen Einflüsse zerstörend einwirken.

Wie groß dieser Wasservorrath für die Bewässerung einer bestimmten Fläche sein müsse, läßt sich nicht genau theoretisch bestimmen und ist lediglich Sache der Erfahrung. G. Goury führt an, daß im Piemontesischen 343 Liter in der Secunde 130 bis 140 Hektaren fruchtbares Land bewässern. Dieß gibt 0,00245 Kubikmtr. auf 1 Hektare. Sandiger Boden verlangt das Doppelte, ein thoniger Untergrund die Hälfte. Diese Angabe ist insofern unzuverlässig, weil die Art der Bewässerung nicht angegeben wird. Bessere Angaben gibt R. Wehner für die Ueberrieselung bei verschiedenem Gefälle der Fläche, und unter der Voraussetzung, daß die Ueberrieselungsschicht $\frac{1}{45}$ Zoll hoch ist, wie folgt:

Bei 10''	Gefälle pro Rth. ist d. Wasserbedarf auf 1 Rth. Riesellänge pro Sec.	$\frac{1}{108}$	Kubikf. (preuß. Maß)
„ 9''	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	$\frac{1}{120}$	„
„ 8''	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	$\frac{1}{135}$	„
„ 7''	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	$\frac{1}{154}$	„
„ 6''	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	$\frac{1}{180}$	„
„ 5''	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	$\frac{1}{216}$	„
„ 4''	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	$\frac{1}{270}$	„
„ 3''	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	$\frac{1}{360}$	„
„ 2''	„ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „ „	$\frac{1}{540}$	„

Hat man z. B. 1 Morgen Rückenbau und sind es 9 Rücken von 2 Ruthen Gesammtbreite und 10 Ruthen Länge; ist das Seitengefälle 6'' und die Rieselschicht wird $\frac{1}{45}$ Zoll hoch verlangt, so hat man den Wasserbedarf bei 6'' pro Ruthe auf 1 Ruthe Riesellänge pro Sec. $= \frac{1}{180}$ Kubikfuß. Im vorliegenden Falle beträgt die summarische Riesellänge $10 \times 9 \times 2 = 180$ Ruthen, mithin ist der Wasserbedarf $= 180 \cdot \frac{1}{180} = 1$ Kubikfuß. Wäre das Seitengefälle 8'', so würde der Wasserbedarf $\frac{1}{135} \times 180 = 1\frac{1}{3}$ Kubikfuß pro Sec. sein.

Wäre es Hangbau von einem Morgen Größe und zwar 18 Ruthen Länge und 10 Ruthen Breite mit 6'' pro Ruthe Fall, so hätte man für eine Rieselschicht von $\frac{1}{45}$ Zoll Höhe den Wasserbedarf auf 1 Ruthe Riesellänge $= \frac{1}{180}$ Kubikfuß, folglich auf 18 Ruthen Riesellänge $\frac{1}{10}$ Kubikfuß pro Secunde; bei einem Gefälle

von 4″ wird man $\frac{1}{15}$ Kubikfuß nöthig haben. Man sieht schon hieraus, daß der Hangbau weit weniger Wasser erfordert wie der Rückenbau. Die Angaben von Wehner stimmen auch mit den Erfahrungen überein, die man bei größern Anlagen im Großherzogthum Baden machte. Man rechnet nämlich nach diesen für 1 bad. Morgen Rückenbau, je nach der Beschaffenheit des Untergrunds 1½—2 Kubikfuß pro Secunde; dieß gibt für 1 Hektare oder 10000 Quadratmtr. 0·11 bis 0·15 Kubikmtr. per Secunde.

A. Künstlicher Wiesenbau.

Der künstliche Wiesenbau besteht, wie schon oben erwähnt, aus:

a) Hangbau (Fig. 2, 2a, 2b, Taf. XVIa).

b) Rückenbau (Fig. 3a, 3b, Taf. XVI a).

War die Größe des Gefälles der natürlichen Fläche so abwechselnd, daß an einigen Stellen Hangbau, an andern Rückenbau in ein und demselben Wässerungsplan angewendet wurde, so nennt man diese Vereinigung der Bauarten:

c) Den Zusammengesetzten Bau (Fig. 5).

Beim Rückenbau unterscheidet man ferner noch:

α) Schmalen Rückenbau und

β) breiten Rückenbau (Fig. 4, 4a, 4b).

Bei jenem sind die Rücken nur 2—4 Ruthen oder 6—12 Mtr. und weniger breit, bei diesem mehr als 12 Meter. Trotz des geringeren Wasserbedürfnisses des breitern Rückenbaues legt man doch diesen seltener an, weil er ein größeres Gefälle des natürlichen Terrains verlangt und mehr kostet. Das zweckmäßigste Maß für die Breite eines Rückens ist wohl dasjenige, welches bei der angenommenen Länge desselben einem gegebenen Flächeninhalte entspricht, z. B. ¼ Morgen.

Bei dem künstlichen Wiesenbau kommen folgende Gräben vor:

1) Der Hauptzuleitungsgraben; er hat den Zweck, das zur Wässerung bestimmte Wasser, wo es sich vorfindet, aufzunehmen, und es der Wiesenfläche, beziehungsweise den höchsten Stellen, soweit es das Niveau erlaubt, so zuzuführen, daß der Wasserspiegel dieselben beherrscht, d. h. mindestens 0·12 Mtr. höher ist als diese. Seine mögliche Höhe und Richtung wird durch das Nivellement bestimmt. Im Querprofil muß er mehr breit und flach als schmal und tief sein, die Dimensionen bestimmen sich nach der Wassermasse, welche in jeder Secunde abfließen soll und nach dem Gefälle, welches nur schwach sein darf, als etwa $\frac{1}{2000}$. Bietet die Natur des Geländes ein größeres Gefälle, so ist solches mittelst Schwellen zu verringern.

2) Der Hauptentwässerungsgraben; er hat den Zweck, nicht nur das Wässerungswasser, sondern auch das Quellwasser aufzunehmen und wegzuführen. Aus diesem folgt, daß er die tiefsten Gegenden der Wiese in seinem Laufe durchschneiden und keine gedämmte Ufer erhalten darf. Sein Lauf ist meist, wie auch bei dem Hauptzuleitungsgraben, aus geraden Linien zusammengesetzt. Das Profil dieses Grabens wird mehr schmal und tief und richtet sich nach der

Wassermenge, die etwa um $\frac{1}{3}$tel kleiner angenommen werden kann wie bei dem Hauptzuleitungsgraben. Das Gefälle muß möglichst gleichförmig sein und genügt mit $\frac{1}{1000}$ bis $\frac{1}{500}$tel.

3) Vertheilungsgräben entnehmen das Wasser durch Einlässe aus dem Hauptzuleitungsgraben und theilen es den einzelnen Bewässerungsgräbchen, welche in sie einmünden, gleichmäßig zu. Die Ufer sind um 0·03 — 0·06 Mtr. höher als die der letztern und wenigstens um 0·12 Mtr. tiefer als der Spiegel des Hauptzuleitungsgrabens, wo möglich der Sohle desselben gleich. Die Tiefe darf nicht über 0·18 Mtr. betragen, und eine Breite von 0·36—0·72 Mtr., nach Maßgabe der zu wässernden Fläche, genügt. Die Sohle des Vertheilungsgrabens muß mit den Sohlen der Bewässerungsgräben, die von ihm ausgehen, wagerecht oder höher stehen, damit alles Wasser in diese fließen kann. Die Sohle sowohl, wie die Ufer sind wagerecht zu stellen. In den meisten Fällen bestimmt die Oertlichkeit die Länge des Vertheilungsgrabens. Derselbe kommt meist nur beim Rückenbau, selten beim Hangbau vor.

4) Der Zuführungsgraben bringt demjenigen Vertheilungsgraben, welcher von dem Hauptzuleitungsgraben entfernt liegt, Wasser zu. Finden sich auf einer Wiese einzelne Höhen, die nicht nahe am Zuleitungsgraben, aber noch unter dem Niveau desselben liegen, so erhalten selbige durch besondere Zuführungsgraben das Wässerungswasser; oder wenn die Wiesenfläche eine solche Breite hat, daß sie aus einem Vertheilungsgraben nicht zweckmäßig zu wässern ist, so wird ein zweiter, dritter weiter unten gelegener Vertheilungsgraben durch einen Zuführungsgraben mit dem Hauptzuleitungsgraben verbunden, um den an jenen liegenden Wiesentheilen zureichendes und frisches Wasser geben zu können. Die Dimensionen des Querschnitts richten sich nach der Wassermenge und das Gefälle ist ganz nach der Oertlichkeit zu bemessen, muß aber wenigstens auf $\frac{1}{500}$tel betragen.

5) Das Vertical-, Transport- oder Längengräbchen kommt nur beim Hangbau vor, wo es den einzelnen Wässerungsgräbchen das Wasser zuführen und nach vollendeter Wässerung dasselbe wieder aus denselben und von der Wiese ableiten muß. Von dem ersten Wässerungsgräbchen oder vom Vertheilungsgraben an durchlaufen sie das Diagonalgefälle der Fläche und münden sich in einen Abzugsgraben. Beim Kunstwiesenbau sind sie meist parallel und geradlinigt. In trockenem Boden beträgt die Breite 0·24 Mtr., die Tiefe 0·09—0·12 Mtr.; in feuchtem Boden aber jene 0·27 Mtr. und diese 0·15 Meter. An der Stelle, wo das Verticalgräbchen das Wässerungsgräbchen schneidet, wird unterhalb des letztern während der Wässerung ein Rasenstück, Stellrasen genannt, eingelegt, um das Wasser etwas zu stauen; nach ausgeführter Wässerung wird dieser Stellrasen weggenommen, so daß das Wasser abfließen kann.

6) Das Bewässerungsgräbchen erfüllt den Zweck der Ueberrieselung. Es muß horizontal beufert sein. Im trockenen Boden erhalten diese Gräbchen 0·09 Mtr., im feuchten Boden 0·12 Mtr. Tiefe; ihre Breite ist beim Rückenbau

am Anfang 0·3 Mtr. am Ende 0·21 Mtr., beim Hangbau durchgehends 0·24 Mtr. Die Kanten der Wässerungsgräbchen müssen immer etwas niedriger liegen, als die des Vertheilungsgrabens. Beim Hangbau ist es Regel, daß die Ufer mit der Sohle des Hauptzuleitungsgrabens im Niveau stehen. Beim Rückenbau heißen diese Gräbchen auch Rückengräbchen. Beim Kunstwiesenbau sind sie meist geradlinigt; beim natürlichen Wiesenbau bilden sie gebrochene Linien und haben immer eine horizontale Sohle.

7) Entwässerungsgräbchen sind nöthig, um das Wässerungswasser aufzunehmen und dem Hauptentwässerungsgraben zuzuführen. Am meisten kommen sie beim Rückenbau vor und sind ihre Dimensionen denen der Rückengräbchen entsprechend, aber am Anfange schmal und seicht, 0·15 Mtr. breit und 0·09 Mtr. tief, am Ende 0·3 Mtr breit und 0·15 Mtr. tief. Der Sohle ist immer einiges Gefälle zu geben.

8) Einlässe; durch diese wird das Wasser aus dem Hauptzuleitungsgraben in den Vertheilungsgraben geführt (beim Rückenbau) oder aus dem Hauptzuleitungs- und Vertheilungsgraben (beim Hangbau) in das zunächst liegende Wässerungsgräbchen. Eine Breite von 0·24 Mtr. ist genügend. Auf je 15 Mtr. Länge muß der Vertheilungsgraben einen Einlaß haben. Durch kleine hölzerne Schleuschen können diese Einlässe geschlossen werden.

Wir betrachten zuerst den

a) Hangbau.

Entscheidend für den Hangbau ist die disponible Wassermenge und das natürliche Gefälle der Wiese. Ist die Wassermenge klein und der Abhang der Fläche gestattet für die einzelnen Hänge ein Gefälle von 2—3 Procent, so ist der Hangbau am vortheilhaftesten. Bietet aber der natürliche Abhang dieses Gefälle nicht, so ist Rückenbau anzulegen. Nur ausnahmsweise, wenn der Boden ein leicht wieder trocknender ist und die Hänge eine geringe Breite erhalten, kann ihr Gefälle auf 1,5 Procent vermindert werden. Das größte zulässige Gefälle ist 8 Procent. In den Fig. 2, 2a und 2b ist der Hangbau dargestellt. Das Wasser tritt aus dem Hauptzuleitungsgraben durch kleine Einlässe d, d in das erste Wässerungsgräbchen b, nach dessen Anfüllung fließt es über das untere Ufer, welches genau horizontal ist, bis zu dem zweiten Wässerungsgräbchen b; dieses füllt sich ebenfalls bis zum Ueberlaufen und so werden nach und nach sämmtliche zwischen den wagerechten Wässerungsgräbchen gelegenen Hänge mit einer gleichmäßigen Rieselschicht überzogen, bis das Wasser durch den Entwässerungsgraben m m wieder abgeleitet wird. c, c sind Verticalgräbchen, welche dazu dienen, den Wässerungsgräbchen frisches Wasser zuzuführen; überall, wo ein solches das Wässerungsgräbchen schneidet, liegt ein sog. Stellrasen, der den freien Abfluß des Wassers verhindert.

Eine Hauptsache bei dieser Anlage ist die, daß der Wasserspiegel in diesem Zuleitungsgraben wenigstens 0,12—0,15 Mtr. höher liegt, als die untere Uferkante des ersten Wässerungsgräbchens, sodann daß man die Breiten des Hanges höchstens 45 Mtr. annimmt. Gewöhnlich wird der Zuleitungsgraben keine gerade Linie bilden, vielmehr wird er nach einer Polygonlinie geführt werden

müssen, deren Lage durch die Form der Wiesenfläche bedingt wird. In diesem Falle werden alsdann auch die Wässerungsgräbchen ähnliche Polygone derselben, deren einzelne Seiten unter sich parallel laufen und horizontale Ufer haben.

Die Fig. 6 und 6a, Taf. XVIa, zeigen einen Hangbau mit wiederholter Benutzung des Wassers. Die erste Hauptabtheilung besteht aus 7 Hängen, welche von den Wässerrinnen ab überrieselt werden. Diese erhalten ihr Wasser durch die Zuleitungsrinnen cd aus dem Vertheilungsgraben. Das abgerieselte Wasser wird in den Entwässerungsrinnen ef wieder aufgenommen und gelangt durch die Graben ff in den Entwässerungsgraben gh. Dieser Graben führt es an der zweiten Abtheilung vorbei in den Vertheilungsgraben ik zur Berieselung der dritten Hauptabtheilung, welche 8 Hänge hat. Durch einen besondern Zuleitungsgraben lm erhält die zweite Hauptabtheilung und deren Vertheilungsgraben mn das Wasser, welches sich, nachdem es 9 Hänge überrieselt hat, in dem Entwässerungsgraben op vereinigt, aus dem es von p nach q bei der dritten Hauptabtheilung vorbeiläuft und in den Vertheilungsgraben der vierten qr übergeht.

b) Rückenbau.

α) Schmaler Rückenbau.

Wie schon erwähnt, eignet sich der Rückenbau im Allgemeinen für Flächen, welche kein oder nur wenig Gefälle haben. Am leichtesten bauen sich schmale Rücken unstreitig auf horizontalem Boden, weil hier der Abtrag an der Entwässerungsrinne sogleich den Auftrag der Bewässerungsrinne ausgleicht und die Transportweite so gering ist, daß die Erde mit dem Spaten geworfen werden kann. Jemehr das Terrain Gefälle hat, desto kostspieliger sind die Erdarbeiten, und wenn das natürliche Gefälle vom Vertheilungsgraben bis zu dem dazu gehörigen Entwässerungsgraben der Rückenhöhe gleich ist, dann ist der Rückenbau nicht mehr vortheilhaft.

Was die Lage der Rücken betrifft, so ist es wohl am besten, dieselben von Süden nach Norden anzulegen, weil dadurch die beiden Seitenflächen der Sonne und dem Lichte gleich stark ausgesetzt sind, allein man wird diese Richtung nur wählen, wenn die Kosten der Erdarbeiten nicht vergrößert werden und die Richtung des Vertheilungsgrabens beliebig angenommen werden kann. Gewöhnlich ist diese letztere gegeben, und legt man alsdann die Rücken normal auf dieselbe.

Für das Gefälle der Rückenflächen hat man allgemein in Norddeutschland $^1/_{16}$ bis $^1/_{18}$ angenommen, und es beträgt somit das Gefälle für eine 3 Mtr. breite Fläche 0,18 Mtr., für eine 4 Mtr. breite 0,25 Mtr., für eine 6 Mtr. breite 0,37 Mtr.; die Anlagen, welche man in Süddeutschland und insbesondere im Großherzogthum Baden mit sehr gutem Erfolge machte, zeigten dagegen, daß ein Gefälle von 2 % oder $^1/_{50}$ vollständig genügt und sogar vortheilhafter ist, wie das Gefälle von $^1/_{18}$, indem das Wasser nicht so rasch abfließt und mehr Schlamm niedersetzt. Bei dem schmalen Rückenbau ist die Breite einer Rückenfläche in der Regel gleich 3 Mtr.; die Länge der Rücken ist 2 bis 2,5 Mtr. länger als die Länge der Wässerungsrinnen, welche zur Ueberrieselung

der Seitenflächen dienen sollen und wechselt zwischen 30 und 75 Mtr. Bei den meisten Anlagen im Großherzogthum Baden haben die Rückenflächen 20′ Breite und 250′ Länge und geben daher gerade $^1/_8$ Morgen.

Die Fig. 3, 3a und 3b stellen einen schmalen Rückenbau von 2 Terrassen vor. Fig. 3b ist das Längen- und Fig. 3a das Querprofil. a ist der Zuleitungsgraben, bb sind die Vertheilungsgräben, cc die Rücken, dd die Abzugsgräbchen und f der Entwässerungsgraben. Sämmtliche Rückengräbchen sind auf ihre ganze Länge horizontal, sowie die zu einer Terrasse gehörenden unter sich wagerecht stehend. Die Abzugsgräbchen haben ein kleines Gefälle. Die Rückengräbchen der ersten Terrasse, sowie der zugehörige Vertheilungsgraben b, d. h. die Ufer derselben, liegen mit der Sohle des Zuleitungsgrabens a in gleicher Höhe, so daß alles Wasser aus letzterem durch die Einlässe in den Vertheilungsgraben und in die Rückengräbchen fließen kann. Die Rücken der zweiten Terrasse, sowie das untere Ufer des zweiten Vertheilungsgrabens b, liegen 0·06 Mtr. tiefer als die Bordlinien der Entwässerungsgräbchen der ersten Terrasse an ihren Mündungen. Es überrieselt auf diese Weise dasselbe Wasser zwei Rückenflächen hintereinander.

Ein weiteres Beispiel für die wiederholte Benützung des Wassers ist durch die Fig. 7 und 7a dargestellt. Das von der ersten Schicht Rücken abgerieselte in dem Entwässerungsgraben ab gesammelte Wasser wird um die zweite Schicht Rücken herumgeführt, bei c gestaut durch den Vertheilungsgraben cd auf die dritte Schicht vertheilt. Die zweite Schicht erhält ihr Wasser durch den besondern Zuleitungsgraben ef. Das darauf abgerieselte Wasser sammelt sich in dem dazu gehörigen Entwässerungsgraben gh, geht um die dritte Schicht herum zur vierten, wo es wieder bei i zur nöthigen Höhe gestaut wird und so fort. Die Fig. 9 zeigt eine Rückenwässerungsanlage im Großherzogthum Baden bei Nimburg.

β) Breiter Rückenbau.

Sobald die einzelnen Rückenflächen breiter werden als 20′ oder 6 Mtr., so sind sie, wie bei dem Hangbau, mit einem kleinen horizontalen Wässerungsgräbchen zu versehen, welches durch 1 oder 2 Zuführungsgräbchen mit dem Rückengraben in Verbindung steht. Die Fig. 4, 4a und 4b zeigen einen breiten Rückenbau von 30 Meter Länge; dagegen Fig. 8, 8a und 8b einen solchen von 60 Meter Länge. Die Breite der Rückenflächen ist in beiden Fällen 30′ oder 9 Meter; es kommen auch wohl nicht breitere Flächen vor, wenigstens würden sie alsdann den Charakter von Rücken verlieren und dem Hangbau gleich sein. Das Seitengefälle muß auch hier wenigstens 2 Procent betragen.

In beiden Fig. bedeuten: a den Zuleitungsgraben, b den Vertheilungsgraben, c,c die Rückengräbchen, d,d die Abzugsgräbchen, e,e horizontale Wässerungsrinnen, f,f Vertical- oder Zuführungsgräbchen, h Entwässerungsgraben.

c) Der zusammengesetzte Bau.

Der zusammengesetzte Bau ist derjenige, wo Hang- und Rückenbau in inniger Vereinigung mit einander abwechseln. Flächen, auf welchen die Größe des Gefälles bald zu dem ersteren, bald zu dem andern vereigenschaften, fordern seine

Anlage. Zu einer wiederholten Benutzung des Wassers wird hier meist Gelegenheit geboten. Ein zusammengesetzter Bau ist durch die Fig. 5 dargestellt. A ist Rückenbau; B Hangbau. Hat die Rückenfläche die gleiche Ausdehnung wie die Hangfläche, dann ist es zulässig, die erforderliche größere Menge Wasser für die erstere durch die Transportgräbchen zuzuführen, indem man die Stellrasen etwas tiefer legt; wenn aber die Rückenfläche eine größere Ausdehnung hat wie die Hangfläche, so ist noch eine besondere Zuführung von Wasser nothwendig.

§. 39.

Ausführung des Kunstwiesenbaues.

Was die Ausführung der Erdarbeiten zur Darstellung der Kunstwiesen betrifft, so geschieht dieselbe gewöhnlich unter Leitung von gelernten Wiesenbauern. Die Hauptsache dabei ist immer die Ausgleichung des Materials, welche nur aus sorgfältigen Nivellements und einem ganz detaillirten Plane gemacht werden kann, gewöhnlich aber mehr nach dem Augenmaße geschieht.

Sobald die Arbeit begonnen werden soll, wird der vorhandene Rasen abgeschält und zur theilweisen Bedeckung der neuen Wiese, sowie der Grabenböschungen aufbewahrt. Dieses geschieht entweder durch das Abstechen gewöhnlicher Rasenstücke, oder man löst, wenn der Rasen zähe ist, lange Streifen von 0·3 Mtr. Breite und 3 Mtr. Länge und rollt sie zusammen, wodurch der Transport sowie das Auflegen sehr erleichtert wird. Die Fig. 11 d zeigt eine Vorrichtung zum Schneiden der Rasen; Fig. 11 a, b, c sind verschiedene Grabspaten zur Anfertigung der Gräben.

Demnächst muß auch der Untergrund genau sortirt werden, der schlechtere dient nur als Füllmaterial, wogegen der bessere unmittelbar unter den Rasen kommt und daher stets aufbewahrt bleiben muß. Jeder Auftrag wird angestampft und Alles sorgfältig nach der Setzwaage geebnet und die Uferborde der Gräbchen mit Rasen besetzt. Selten wird man so viel Rasen haben, als zur Bedeckung der neuen Wiese erforderlich ist; man pflegt in diesem Falle den Rasen anzusäen. *) Die Schleusen und Brückchen werden entweder von Holz oder Stein und erhalten die in den Taf. XXV. und XXVI. angegebenen Constructionen.

B. Natürlicher Wiesenbau.

Dieser Wiesenbau kostet nur den 10ten Theil von dem künstlichen und ist daher für den Landwirth dann von großer Wichtigkeit, wenn es an dem nöthigen Kapital zur Umformung der Wiese fehlt und kein beständiger oder nur schwacher Wasserzufluß stattfindet. Auch hier können 2 Fälle unterschieden werden:

1) Wenn eine Fläche nur wenig Gefälle hat und sich zum Rückenbau eignen würde.

2) Wenn bedeutendes Gefälle vorhanden ist, also der Hangbau angewendet würde.

---

*) Näheres siehe: R. Wehner, praktischer Unterricht in Wiesenwässerungsanlagen. Glogau 1844, und L. Vincent, der rationelle Wiesenbau. Berlin 1846.

Im ersten Falle beginnen die Arbeiten wie beim Kunstwiesenbau, mit Anlegung des Hauptentwässerungsgrabens; man führt denselben durch die tiefsten Punkte der Fläche und verbindet ihn mit kleinern Entwässerungsgräben, welche alles Wasser aus den Seitenvertiefungen aufnehmen und in den Hauptentwässerungsgraben führen. Hierauf sucht man den Punkt des Baches oder Flusses, von welchem aus der Hauptzuleitungsgraben am besten ausgehen kann und führt denselben auf den höchsten Punkt der Fläche hin; zu den übrigen Anhöhen der Fläche führt man kleinere Zuleitungsgräben, welche durch kleine Schleusen mit dem Hauptzuleitungsgraben verbunden sind. Somit ist das Hauptgerippe der Bewässerung fertig und man hat alsdann nur noch von den Seitenzuleitungsgräben, an allen Punkten, wo Wasser auf die Wiese gelangen soll, ein Bewässerungsgräbchen, etwa nach der Richtung des größten Gefälles, anzulegen. In diesen Bewässerungsgräbchen staut sich das Wasser an, tritt über die Uferborde und überrieselt die Wiese. An der Wiesenfläche selbst werden nur kleinere Unebenheiten ausgeglichen, die größern läßt man liegen.

Im zweiten Falle, wo das Gelände ein starkes Gefälle hat, wendet man den natürlichen Hangbau an, d. h. man führt ebenfalls auf den höchsten Stellen den Hauptzuleitungsgraben, sowie in den tiefsten den Hauptentwässerungsgraben und legt zwischen beiden horizontale Wässerungsrinnen an, die durch Verticalgräbchen mit frischem Wasser versehen werden. Die Fig. 10 zeigt den natürlichen Hangbau.

§. 40.

Unterhaltung und Pflege der Bewässerungswiesen.*)

Soll eine neue Anlage erhalten und immer mehr vervollkommnet werden, so erfordert dieß eine aufmerksame und sorgfältige Unterhaltung und Pflege. Es ist daher nothwendig, daß für Wiesenflächen von 180—200 Morgen ein Wiesenbauaufseher aufgestellt wird, welcher den Wiesenbau kennt und darauf sieht, daß alle kleinen Beschädigungen an den Anlagen, Schleusen ꝛc. sogleich wieder gemacht werden, welcher weiß, zu welchen Zeiten gewässert werden soll und wenn das disponible Wasser wiederholt benützt wird, welche Fläche zuerst an die Reihe kommt. Vor der Hauptwässerung im Herbste müssen alle kleineren Gräben gereinigt werden, besonders die Transport- und Wässerungsgräbchen; hierzu erhält der Aufseher die nöthigen Taglöhner. Bei größern Gräben ist das Ausräumen nur alle 2 oder 3 Jahre erforderlich; der sich dabei ergebende Schlamm dient zum Ausfüllen von Vertiefungen und ist in der Regel ein sehr gutes Material zur Düngung.

§. 41.

Kosten der Wässerungsanlagen.

Künstlicher Rücken- und Hangbau sind bezüglich der Anlagekosten in den meisten Fällen gleich. Im günstigsten Falle, wenn der Boden leicht zu bearbeiten

*) Man sehe: W. Lauter, Anleitung zur Behandlung von Wässerwiesen. Karlsruhe, 1851. E. Fries, Lehrbuch des Wiesenbaues. Braunschweig, 1850. Seite 306.

und die Form des Terrains so ist, daß nur sehr wenig Erdtransport erfordert wird, kostet der Morgen incl. der Schleusen 60 bis 70 Gulden.

Muß erst eine größere Entwässerung vorangehen und sind manche Stellen der Wiesenfläche ganz in Auftrag zu bringen, wozu der Abtrag ziemlich entfernt liegt, sind Gesträuche und Bäume auszuroden, dann steigern sich die Kosten auf das Doppelte, ja bis zu 150 Gulden per Morgen.

Bei einigermaßen günstigen Verhältnissen kann man 100 Gulden rechnen.

Viel wohlfeiler ist der natürliche Wiesenbau, insbesondere der Hangbau. Dieser kostet auf einem gleichförmigen Abhang oft nur 6—7 Gulden per Morgen, und wenn einige Unebenheiten auszugleichen, Bäume und Gesträuche auszuroden sind, 15 bis 20 Gulden.

Der natürliche Rückenbau kostet im Mittel 10 bis 15 Gulden.

Die Kosten des Ueberstauungsbaues betragen gewöhnlich nicht mehr wie die des natürlichen Hangbaues. Unter günstigen Umständen betragen sie 4 Gulden per Morgen, wenn aber bei stärkerem Gefälle kleine Abtheilungen gebildet werden, Planirarbeiten, Rodungen vorausgehen müssen, so können die Kosten 10 bis 15 Gulden betragen.

Fünfter Abschnitt.

Wehr- und Schleusenbau.

Wehr- und Schleusenbau.

§. 42.

Von den Wehren im Allgemeinen.

Die Wehre sind Wasserbauwerke, welche den Zweck haben, das Wasser eines Flusses oder Baches auf eine gewisse Höhe anzustauen oder den Wasserspiegel zu heben; sie sind nicht nur für die Landes-Kultur und die Schifffahrt von Nutzen, sondern dienen außerdem auch zu industriellen Zwecken, indem fast alle Wasserwerke nur durch künstlich aufgestautes Wasser betrieben werden.

Indem die Wehre den Wasserspiegel vor sich erheben, vermindert sich das Gefälle weiter aufwärts und während dieses sonst mehr oder weniger gleichmäßig vertheilt war, so concentriren sie es an derjenigen Stelle, wo sie erbaut sind. Hiernach bildet sich ein bedeutender Niveauunterschied zwischen Ober- und Unterwasser, der zur Anlage von Wasserwerken aller Art Gelegenheit gibt; auch kann das gestaute Oberwasser auf die niedrigen Ufer zur Seite geleitet werden und zur Bewässerung derselben dienen, und insofern die Wehre die Wassertiefe vergrößern und die Geschwindigkeit des Wassers vermindern, sind sie für die Schiffbarmachung eines Flusses von großer Wichtigkeit.

Die Höhe solcher Wehre ist stets mit Sorgfalt zu ermitteln, damit der erforderliche Stau hervorgebracht wird, ohne die Kultur und Nutzung der angrenzenden Ufer-Ländereien zu beeinträchtigen oder gar der Gefahr öfterer Ueberschwemmungen auszusetzen. Wie die Wehrhöhe durch Rechnung zu finden ist, soll in dem Nachfolgenden gezeigt werden und begnügen wir uns hier mit der Bemerkung, daß diese Höhe nicht nur für den niedersten, sondern auch für die höhern und den höchsten Wasserstand bestimmt werden muß.

Betrachtet man die Wirkung eines Wehres auf den Wasserspiegel eines Flusses, so findet man, daß die Differenz des Ober- und Unterwassers dicht vor dem Wehr am größten ist; weiter aufwärts nähert sich der gehobene Wasserspiegel immer mehr und mehr dem frühern, bis endlich beide zusammenfallen. Die Entfernung des Wehres von diesem Punkte heißt die Stauweite. Unterhalb des Wehres ist die Veränderung des Wasserspiegels im Allgemeinen ganz unbedeu-

tend, da der Wasserstand stets derselbe bleibt und nur unmittelbar an dem Fuße des Wehres eine Senkung entsteht, indem das Wasser beim Herabstürzen eine größere Geschwindigkeit annimmt. Diese Senkung wird sich nicht weit fortpflanzen, weil die erlangte größere Geschwindigkeit sogleich wieder durch die innern Bewegungen des Wassers, die um so größer werden, je stärker die Auskolkungen und Uferabbrüche unterhalb des Wehres sind, zerstört wird.

Auch bei eintretenden Hochwassern zeigt der Unterwasserspiegel ein anderes Verhalten als der des Oberwassers, indem er rascher steigt als letzterer und sonach die Niveaudifferenz zwischen beiden immer geringer wird und zuweilen, wenn das Wehr hoch überfluthet wird, ganz verschwindet. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß die Beschränkung des Profiles durch das Wehr relativ immer um so geringer wird, je mehr das Wasser wächst, und sonach die Wirkungen dieser Beschränkung auch immer kleiner werden müssen.

Ein solch hoher Wasserstand, bei welchem der Einfluß des Wehres fast ganz verschwindet, tritt nur äußerst selten ein, und es läßt sich darum die Stelle leicht erkennen, wo das gestaute Hochwasser am höchsten steht und alsdann in einer S-förmigen Krümmung in das Unterwasser überströmt. Eine derartige Anschwellung des Hochwassers kann oft für die oberhalb gelegenen Orte und Fluren höchst verderblich werden, indem die Wasser zur Seite austreten und zuweilen große Massen von Kies, Sand und Schlamm darauf ablagern. Dazu kommt aber noch der weitere Uebelstand, daß das Wehr das Flußbett erhöht. Wenn nämlich die Ufer so beschaffen sind, daß Nieder- und Hochwasser die frühere Breite beibehalten und letztere keine geschlossene Ufer haben, so tritt in Folge der Stauung eine Vergrößerung des Profils und folglich eine Verminderung der Geschwindigkeit ein, welche eine Ablagerung von Sand und Geschieben und folglich eine weitere Beschränkung des Flußbetts verursacht, die oftmals sehr gefährlich werden kann. Nur in solchen Fällen, wo das Profil des Hochwassers durch die Nähe der hohen Ufer beschränkt ist, tritt eine solche Materialablagerung nicht ein, weil die Strömung des Hochwassers so bedeutend ist, daß die mitgebrachten Geschiebe über das Wehr hinweggeführt werden; nur größere Geschiebe häufen sich vor dem Wehre an und bilden daselbst eine schiefe Ebene, welche, wenn die Länge derselben eine gewisse Grenze erreicht hat, den Fortgang der Geschiebe beschleunigt.

Es geht hieraus hervor, daß in regelmäßigen Flußbetten, wo die Ufer parallel laufen, nur dann keine Ablagerungen entstehen, wenn der Stau der Hochwasser gemäßigt oder ganz aufgehoben wird, und dieß ist nur dadurch möglich, daß man in dem Wehre freie Oeffnungen macht, die bis zur Sohle des Flusses herabreichen und so groß sind, daß sie einen Theil oder die ganze Hochwassermenge durchlassen. Zur Zeit des Nieder- oder Mittelwassers darf freilich dieser Abfluß nicht stattfinden, weil sonst die Wirkung des Wehres aufgehoben würde; man muß daher zugleich dafür sorgen, daß diese Oeffnungen willkührlich geschlossen werden können.

Man nennt solche Anlagen zum Ablassen des Hochwassers S c h l e u s e n, und es heißen daher auch die Wehre, welche mit Schleusen verbunden sind,

Schleusen und Ueberfallswehre. Sind die Hochwasser so bedeutend, daß das Wehr nur aus Schleusen besteht, so nennt man es Schleusenwehr.

Nur selten werden die Verhältnisse der Art sein, daß der Stau des Wassers bei den höhern Wasserständen ganz unschädlich ist, und man wird deßhalb in den meisten Fällen genöthigt sein, das Wehr mit einer Schleuse zu versehen. Welche Weite eine solche Schleusenöffnung erhalten muß, ergeben dieselben Betrachtungen, wonach man die Stauhöhe vor dem Wehr berechnet.

Zuweilen hat man auch dem Wehr eine Einrichtung gegeben, bei welcher es zur Zeit der Hochwasser um einen Theil seiner Höhe oder um die ganze Höhe erniedrigt werden kann. Im ersten Falle besteht das Wehr aus einem ziemlich tief liegenden festen Theil und einem bis an die Wehrkrone reichenden beweglichen Aufsatz, welcher in die Höhe gestellt wird, wenn der Stau bei kleinem Wasser eintreten soll; im zweiten Falle ist nur die Wehrbettung von Stein, der ganze Wehrkörper aber ist in der Art aus einzelnen Rippen construirt, daß er in eine an der Wehrbettung angebrachte Falze eingelegt werden kann sobald die Hochwasser eintreten und eine Beschränkung des Flußbettes nicht mehr gestattet ist. Man nennt diese Wehranlagen: Bewegliche Wehre; dieselben sind besonders im südlichen Frankreich zur Schiffbarmachung mehrerer Flüsse zur Ausführung gekommen.

Hiernach zerfallen die Wehre in folgende Klassen:

1) Feste Wehre.
2) Schleusen-Wehre.
3) Ueberfalls- und Schleusen-Wehre.
4) Bewegliche Wehre.

§. 43.

1) Feste Wehre.

Die festen Wehre lassen sich, je nach ihrer verschiedenen Höhe in zwei Klassen eintheilen. Die Krone derselben liegt entweder unter dem niedersten Wasser und wird nie sichtbar, oder sie liegt zwischen dem niedersten und höchsten Wasser und tritt so zuweilen über das Unterwasser hervor. Die Wehre der zweiten Klasse sind die gewöhnlichsten, man nennt sie Ueberfallswehre. Die Anlagen der ersten Klasse heißen Grundwehre, auch Stauschwellen; sie kommen sehr selten vor und dienen theils dazu, den Wasserstand über flachen Stellen etwas zu heben, um dadurch der Schifffahrt eine Erleichterung zu verschaffen, anderntheils wendet man sie auch an, um das Durchflußprofil in einzelnen Flußarmen zu verkleinern oder den Fluß zu zwingen, seine Wassermasse in einen neugegrabenen Durchstich zu lenken. In diesem Falle sind sie nichts anderes als tiefliegende Stauschwellen oder Coupirungen, welche gewöhnlich entweder aus Steinschüttungen oder Senkfaschinen bestehen, oder auch dadurch gebildet werden, daß man eine Pfahlwand, zuweilen auch eine förmliche Spundwand errichtet, und diese durch eingeworfene Steine oder Senkfaschinen gegen Unterspülung sichert, wie solches auf Taf. X. Fig. 1, 2 und 3 zu ersehen ist.

In dem Folgenden sollen nur die Ueberfallswehre ausführlicher behandelt werden.

§. 44.
Länge und Richtung der Wehre.

Man hat die Wehre in verschiedener Richtung angelegt, normal, schief, nach einer gebrochenen Linie und nach dem Kreise.

Die normal gegen die Richtung der Ufer gehende Stellung des Wehres ist bei gleicher Tiefe des Flußbettes in mehrfacher Beziehung die zweckmäßigere; sie erfordert nicht allein die geringsten Anlagekosten, sondern verursacht auch keine den Ufern so gefährliche Strömung des überstürzenden Wassers, wie dieß bei den declinanten Wehren der Fall ist. An unregelmäßigen Flüssen wird die Frage entstehen, ob es zweckmäßiger sei, das senkrechte Wehr an die engste Stelle des Flußbettes oder etwa dorthin zu legen, wo dasselbe nicht gar zu enge ist. Die Verengung eines an sich schon engen Profils ist für die Abführung der Hochwasser immer gefährlich; denn bei gleicher Höhe des Wehres wird bei jeder Ueberströmung die abfließende Wassermenge der Länge des Wehres proportional sein, und die Stauhöhe beim Hochwasser wird um so größer, je kürzer das Wehr ist. In dieser Hinsicht ist es also besser, das Wehr an keine Verengung des Profils zu legen, vielmehr eine Stelle auszusuchen, wo etwa die Normalbreite vorhanden und auch die Ufer eine über das Wehr hinausragende Höhe haben. Einer zu hohen Stauung des Hochwassers kann alsdann immer noch durch eine Schleuse abgeholfen werden.

Der Umstand, daß der Stau des Hochwassers um so geringer ist, je länger das Wehr, veranlaßte häufig die Ingenieure die Wehre dadurch möglichst lang zu machen, daß sie dieselben schräge gegen den Fluß richteten. Eine solche Verlängerung des Wehres hat wohl den Vortheil, daß das überstürzende Wasser bei jeder Ueberströmung den Wehrkörper weniger am Fuße beschädigt, allein sie hat dagegen die wesentlichen Nachtheile, daß das Ufer auf einer Seite stark in Angriff versetzt wird und sich in Folge dessen weiter unten im Flußbette Kiesablagerungen bilden, die eine Stromtheilung veranlassen, sodann daß die Anlagekosten vergrößert werden.

Zuweilen sind solche schräge Wehre aus frühern Fischwehren entstanden und ziehen sich alsdann von beiden Ufern aus schwach convergirend in zwei Armen abwärts, zwischen welchen am untern Ende eine schmale Oeffnung bleibt, worin die Fischnetze ausgespannt wurden. Solche Anlagen sind aber für die Ufer und die Schifffahrt von großem Nachtheile und werden heutigen Tages so wenig Nachahmung finden, wie alle die künstlich in die Länge gezogenen Wehre. Selbst wenn ein Wehr normal gegen die Achse des Flusses gerichtet ist, können die Uferabbrüche noch immer bedeutend sein; man hat deßhalb auch Wehre von beiden Ufern stromaufwärts schräge geführt, so daß die beiden Wehrarme einen gegen den Strom gerichteten Winkel bildeten, dessen Spitze zuweilen noch durch eine gerade Linie gebrochen war; allein auch diese Anlagen erscheinen deßhalb nicht besonders vortheilhaft, weil sie bei den niederen Wasserständen Veranlassung zu In-

selbildungen geben, und die Hochwasser der bedeutenden Strömung wegen doch parallel mit den Ufern und in derselben Höhe überstürzen, als wenn das Wehr normal stünde. Am günstigsten für die Erhaltung der Ufer und der Flußsohle dürfte es sein, dem Wehre die flußaufwärts gerichtete Kreisform zu geben; die überstürzende Wassermasse wird bei den gewöhnlichen Wasserständen von den Ufern abgewiesen und trifft die Sohle des Flusses überall gleich stark. Den kreisförmigen Wehren tritt nur der Umstand entgegen, daß sie mehr Anlagekosten veranlassen, als die normalen Wehre und sich mehr nur für den Massivbau eignen. Wo es sich also allein um die Kosten handelt, ist es stets am vortheilhaftesten, das Wehr in gerader Linie und zwar normal gegen die Richtung der Ufer zu legen.

§. 45.

Höhe der Wehre.

Ein Wehr soll nur immer diejenige Höhe haben, welche es gerade bedarf, um seinem Zwecke zu entsprechen.

Die Hydraulik gibt die Mittel an die Hand, die Wehrhöhe für gegebene Verhältnisse und gewissen Bedingungen entsprechend zu bestimmen.

Hat das Wehr den Zweck, den Wasserspiegel auf eine gewisse Höhe zu stauen, um ein hinlänglich großes Gefälle für die Anlage eines industriellen Etablissements zu erhalten, so ist gewöhnlich die Baustelle des Wehres gegeben, handelt es sich aber um die Schiffbarmachung eines Flusses, so kann die Baustelle dahin gelegt werden, wo die Beschaffenheit der Ufer am geeignetsten erscheint. In beiden Fällen darf aber der Niederwasserspiegel nur so hoch gestaut werden, als es die Kulturverhältnisse der angrenzenden Ländereien gestatten. Selbst diese Stauhöhe kann aber nur dann angenommen werden, wenn der Niveauunterschied zwischen Ober- und Unterwasser nicht größer wird als höchstens 2·5 bis 3 Mtr., da zu hohe Wehre den Nachtheil haben, daß durch die überstürzende Wassermasse der Wehrkörper selbst, sowie die unterhalb liegende Flußsohle einem zu heftigen Angriffe ausgesetzt sind.

Noch eine weitere Rücksicht, die man bei der Anlage eines Wehres zu nehmen hat, ist auch die, daß die Dicke der überstürzenden Wasserschicht nicht zu bedeutend wird und höchstens 1 Mtr. beträgt; denn eine höhere Wasserschicht würde abermals dem Wehr und der Flußsohle bedeutende Nachtheile bringen.

Die Bestimmung der Höhe des Wehres erfordert, daß die Wassermenge, welche der Fluß beim Nieder- und Hochwasser per Sec. abführt, bekannt sei oder berechnet werden könne.

Zur Berechnung der Wassermenge aus dem Inhalt des Querschnitts = J □Mtr. der horizontalen Länge = L für 1 Mtr. Fall, dem benetzten Umfange = p dient die Formel:

$$M = 50.93\ J \sqrt{\frac{J}{Lp}} \qquad (1)$$

Für bad. Maß

(2) $$M = 93\, J \sqrt{\frac{J}{Lp}}$$

Ehe man die Wehrhöhe selbst finden kann, muß entschieden werden, ob das fragliche Wehr ein Grund- oder Ueberfallswehr gebe.

Zu diesem Behufe nimmt man an, das Wehr reiche bis an den Wasserspiegel und berechnet die Wassermenge, welche bei der gegebenen Stauhöhe über die Wehrkrone strömt (Formel 3). Ist diese Wassermenge größer als diejenige, welche über das Wehr fließen soll, so gibt es ein Ueberfallswehr; ist sie kleiner, ein Grundwehr.

a. Höhe eines vollkommenen Ueberfallswehres. Taf. XI, Fig. 11.

M sei die Wassermenge, welche in einer Sec. über das Wehr geht;
b die Breite des Ueberfalls;
x die Tiefe der Wehrkrone unter dem gestauten Wasserspiegel;
g die Beschleunigung = 9·808 Mtr. oder 32·696 Fuß bad.;
φ ein Contractionscoefficient nach Eytelwein 0·83 bis 0·85;
so hat man die Geschwindigkeit des überstürzenden Wassers:

$$v = \varphi \sqrt{2g\left(\frac{4}{9}\,x\right)}$$

$$v = \frac{2}{3}\varphi\sqrt{2gx}$$

folglich

$$M = \frac{2}{3}\varphi\, b\, x \sqrt{2gx} \text{ oder}$$

(3) $$M = 0{\cdot}57\, b\, x \sqrt{2gx}$$

woher

(4) $$x = \left(\frac{1}{2g}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{M}{0{\cdot}57\, b}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Ist daher die ganze Höhe des gestauten Wassers über der Sohle = h so ist die Wehrhöhe = h — x.

Wenn das Wasser vor dem Wehr eine Geschwindigkeit = C hat, so ist die Geschwindigkeit des überstürzenden Wassers

$$v = \varphi \sqrt{2g\left(\frac{4}{9}\,x + \frac{C^2}{2g}\right)}$$

(5) daher $$M = \varphi\, b\, x \sqrt{2g\left(\frac{4}{9}\,x + \frac{C^2}{2g}\right)}$$

woher

(6) $$\frac{M^2}{\varphi^2} = b^2 x^2 \left\{\frac{8gx}{9} + C^2\right\}$$

Will man x finden, so substituirt man den Werth von x aus Gleichung (4) in der Parenthese der Gleichung (6) und sucht x^2 und daraus x.

b. Höhe eines Grundwehres. Fig 12.

Es sei:

$h_{,}$ die Tiefe des ungestauten Wassers;

$h_{,,}$ die Wehrhöhe;

$h_{,} - h_{,,} = x$;

H die Stauhöhe;

φ und φ' Contractionscoefficienten,

so hat man den obern Theil der Wassermenge

$$\frac{2}{3} \varphi b H \sqrt{2gH}$$

den untern Theil: $\varphi' x b \sqrt{2g.H}$

mithin:

$$M = \frac{2}{3} \varphi b H \sqrt{2gH} + \varphi' x b \sqrt{2gH}$$

$$\varphi = 0{\cdot}85 \text{ und } \varphi' = 0{\cdot}62$$

$$M = 0{\cdot}57\ bH \sqrt{2gH} + 0{\cdot}62 x b \sqrt{2gH} \qquad (7)$$

und

$$x = \frac{M}{0{\cdot}62 b \sqrt{2gH}} - 0{\cdot}92 H. \qquad (8)$$

Wenn das Wasser aber vor dem Wehr schon die Geschwindigkeit C hat

$$M = \varphi b H \sqrt{2g \left\{ \frac{4}{9} H + \frac{C^2}{2g} \right\}} + \varphi' x b \sqrt{2g \left\{ H + \frac{C^2}{2g} \right\}}$$

oder

$$M = 0{\cdot}85\ b H \sqrt{\frac{8g}{9} \cdot H + C^2} + 0{\cdot}62 x b \sqrt{2gH + C^2} \qquad (9)$$

daraus

$$x = \frac{M}{0{\cdot}62\ b \sqrt{2gH + C^2}} - \frac{1{\cdot}37 H \sqrt{\frac{8g}{9} H + C^2}}{\sqrt{2gH + C^2}} \qquad (10)$$

c. Weite der Schleusenöffnungen, wenn der Unterwasserspiegel unter der Wehrkrone steht. Fig. 13.

Es sei:

h die Tiefe des gestauten Wassers;

$h_{,}$ Wehrhöhe;

$h_{,,}$ Tiefe des Unterwassers;

b Sohlenbreite des Flusses;

x Schleusenweite im Lichten;

M Gesammtwassermenge, welche in einer Secunde über das Wehr und durch die Schleusenöffnungen geht,

so hat man:

$$M = \varphi (b - x)(h - h_{,}) \sqrt{2g \cdot \frac{4}{9} (h - h_{,})} +$$

$$+ \varphi . x (h - h_{,,}) \sqrt{2g . \frac{4}{9} (h - h_{,,})} + \varphi' x h_{,,} \sqrt{2g (h - h_{,,})} \qquad (11)$$

und hieraus

$$(12)\quad x = \frac{M - \varphi b (h - h_{,}) \sqrt{2g \cdot \frac{4}{9} (h - h_{,})}}{\varphi (h - h_{,,}) \sqrt{2g \cdot \frac{4}{9}(h - h_{,,})} + \varphi_{,} h_{,,} \sqrt{2g(h - h_{,,})} - \varphi (h - h_{,}) \sqrt{2g \cdot \frac{4}{9}(h - h_{,})}}$$

oder

$$(13)\quad x = \frac{M - 0{\cdot}57\, b\, (h - h_{,}) \sqrt{2g(h - h_{,})}}{0{\cdot}57\, (h - h_{,,}) \sqrt{2g(h - h_{,,})} + 0{\cdot}62\, h_{,,} \sqrt{2g(h - h_{,,})} - 0{\cdot}57\, (h - h_{,}) \cdot \sqrt{2g(h - h_{,})}}$$

und wenn das Wasser mit der Geschwindigkeit C vor dem Wehr ankommt

$$(14)\quad M = 0{\cdot}85\, (b - x)(h - h_{,}) \sqrt{\frac{8g}{9} (h - h_{,}) + C^2} + 0{\cdot}85\, x\, (h - h_{,,}) \sqrt{\frac{8g}{9} (h - h_{,,}) + C^2} + 0{\cdot}62\, x\, h_{,,} \sqrt{2g(h - h_{,,}) + C^2}$$

und hieraus

$$(15)\quad x = \frac{M - 0{\cdot}85\, b\, (h - h_{,}) \sqrt{\frac{8g}{9} (h - h_{,}) + C^2}}{0{\cdot}85\, (h - h_{,,}) \sqrt{\frac{8g}{9} (h - h_{,,}) + C^2} + 0{\cdot}62\, h_{,,} \sqrt{2g(h - h_{,,}) + C^2} - 0{\cdot}85\, (h - h_{,}) \sqrt{\frac{8g}{9} (h - h_{,}) + C^2}}$$

d. Weite der Schleusenöffnung, wenn der Unterwasserspiegel über der Wehrkrone steht. Fig. 14.

Die Wassermenge ergibt sich

$$M = \varphi (b - x)(h - h_{,,}) \sqrt{2g \frac{4}{9} (h - h_{,,})} + \varphi' (b - x)(h_{,,} - h_{,}) \sqrt{2g(h - h_{,,})} + \varphi x (h - h_{,,}) \sqrt{2g \cdot \frac{4}{9} (h - h_{,,})} + \varphi' x h_{,,} \sqrt{2g(h - h_{,,})}$$

oder

$$(16)\quad M = [0{\cdot}57\, (b - x)(h - h_{,,}) + 0{\cdot}62\, (b - x)(h_{,,} - h_{,}) + 0{\cdot}57\, x\, (h - h_{,,}) + 0{\cdot}62\, x\, h_{,,}] \sqrt{2g(h - h_{,,})}$$

hieraus:

$$(17)\quad x = \frac{M - [0{\cdot}57\, b\, (h - h_{,,}) + 0{\cdot}62\, b\, (h_{,,} - h_{,})] \sqrt{2g(h - h_{,,})}}{0{\cdot}62 \,.\, h_{,} \sqrt{2g(h - h_{,,})}}$$

und wenn das Wasser mit der Geschwindigkeit C vor dem Wehre ankommt:

$$M = 0{\cdot}85\, b\, (h - h_{,,}) \sqrt{2g \left[\frac{4}{9} (h - h_{,,}) + \frac{C^2}{2g}\right]} + 0{\cdot}62\, b\, (h_{,,} - h_{,}) \sqrt{2g \left[h - h_{,,} + \frac{C^2}{2g}\right]} + 0{\cdot}62\, x\, h_{,} \sqrt{2g \left[h - h_{,,} + \frac{C^2}{2g}\right]}$$

Hieraus

$$x = \frac{M - 0{\cdot}85\,b(h - h_{,,})\sqrt{\frac{8g}{9}(h - h_{,,}) + C^2} - 0{\cdot}62\,b(h_{,,} - h_{,})\sqrt{2g(h - h_{,,}) + C^2}}{0{\cdot}62\,h_{,}\sqrt{2g(h - h_{,,}) + C^2}} \quad (19)$$

§. 46.

Hydraulische Stauweite.

Es ist in mancher Beziehung von Wichtigkeit, die hydraulische Stauweite oder diejenige Entfernung von dem Wehre zu kennen, bis auf welche sich der Wasserspiegel erhebt oder bis auf welche sich der Rückstau ausdehnt. Insbesondere kommt die Größe des Rückstaues in solchen Fällen in Betracht, wo es sich darum handelt, mehrere Wehre behufs der Schiffbarmachung eines Flusses zu errichten; denn hier muß die Entfernung dieser Wehre so bestimmt werden, daß überall eine gewisse Wassertiefe stattfindet.

Nach vorgenommenen Untersuchungen ist die Linie des Rückstaues nahezu eine Parabel, deren Scheitel im Niveau der Aufstauung senkrecht über dem Wehre liegt und welche an den ursprünglichen Wasserspiegel tangirt.

Einen gleichförmigen Fall der Flußsohle vorausgesetzt sei: (Fig. 15.)

Die Höhe des Aufstaues über den ursprünglichen Wasserspiegel $= H$
Die Höhe des ursprünglichen Wasserspiegels über der Sohle $= h_1$
Das Gefälle des Flusses auf die Längeneinheit . . . . $= i$
Die Abscisse für die Ordinate . . . . $y = x$
" " " " " . . . . $Y = X$
Die Anschwellung des Wassers in dem Punkt, dessen Abscisse $x = z$

so hat man die Gleichung der Parabel

$$y^2 = p\,x \text{ und ebenso}$$
$$Y^2 = p\,X \text{ woher}$$
$$2\,Y\,d.Y = p\,d\,X \text{ und } Y = \sqrt{p\,X}$$

folglich
$$\frac{dY}{dX} = \frac{p}{2Y} = \frac{1}{i} \text{ und}$$
$$p = \frac{2Y}{i} = \frac{2\sqrt{pX}}{i} \text{ und daraus}$$
$$p = \frac{4X}{i^2}$$

also
$$y^2 = \frac{4X}{i^2} \cdot x \text{ und } x = \frac{y^2 i^2}{4X} = \frac{y^2 i^2}{4H} \text{ weil } X = H.$$

Nun hat man aber

$$z + y.i = x + H + h$$

daher
$$z + yi = \frac{y^2 i^2}{4H} + H + h$$

und
$$z = \frac{y^2 i^2}{4H} + H + h - yi \quad (20)$$

woraus

(21) $$y = \frac{2H}{i} \left\{ 1 - \sqrt{\frac{1}{H}(z - h)} \right\}$$

für $z = h$

(22) $$Y = \frac{2H}{i} = \text{hydraulische Stauweite.}$$

§. 47.

Zur Anwendung obiger Formeln lassen wir eine Aufgabe folgen:

In einem regelmäßigen Flusse soll ein Wehr gebaut werden, um das Wasser in einen Gewerbskanal zu stauen. Vom Niederwasser soll der dritte Theil desselben zum Betrieb des Werkes benutzt werden und soll die Stauhöhe 4′ betragen. Die Sohlenbreite des Flusses ist 60′; Uferhöhe 9′; Böschungen einfüßig; Niederwassertiefe 1′; Hochwassertiefe 6′; Gefälle $^1/_{800}$.

Wie groß muß die Wehrhöhe sein, damit die verlangte Stauung beim Niederwasser eintritt, und wie verhält es sich bei dem Hochwasser, welches noch 1′ unter dem angrenzenden Gelände bleiben soll?

Zur Beantwortung dieser Fragen berechnen wir zuerst die Wassermengen und zwar für bad. Maß, so ergibt sich nach Formel (2) die Niederwassermenge:

$$M = 93 . 61 \sqrt{\frac{61}{800 . (60 + 2 \sqrt{2})}} = 198{\cdot}55 \text{ Kubikfuß},$$

daher die mittlere Geschwindigkeit

$$v = \frac{198{\cdot}55}{61} = 3{\cdot}25 \text{ Fuß}.$$

Die Hochwassermenge:

$$M = 93 . 396 \sqrt{\frac{396}{800 \, (60 + 12 \sqrt{2})}} = 2946{\cdot}2 \text{ Kubikfuß}$$

und die mittlere Geschwindigkeit

$$V = \frac{2946{\cdot}2}{396} = 7{\cdot}44 \text{ Fuß}.$$

Da der dritte Theil des Niederwassers vor dem Wehr abgeht, so gehen noch $^2/_3$. 198·55 Kubikfuß = 132,3 Kubikfuß über das Wehr, dessen Länge zu 60′ angenommen wird. Man hat daher nach Formel (4)

$$x = \left(\frac{1}{2.32{,}696}\right)^{\frac{1}{3}} . \left(\frac{132{,}3}{0{\cdot}57.60}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$x = 0{\cdot}612 \text{ Fuß}$$

und die Wehrhöhe = 5 — 0·612 = 4·388 Fuß.

Da die Geschwindigkeit des gestauten Niederwassers sehr klein ist, so behalten Wehrhöhe bei.

tscheidung der Frage, ob ein Schleusenwehr nöthig ist, bestimmen wir enge, welche beim Hochwasser über das Wehr strömt und zwar bei se. Die Formel (9) gibt:

$$M = 0{\cdot}85.60.2\sqrt{\frac{8.32{\cdot}696.2}{9} + C^2} + 0{\cdot}62.1,612.60.\sqrt{2.32{\cdot}696.2 + C^2}$$

$$C = \frac{2946,2 - 66,2}{480} = 6'$$

folglich

$$M = 1757{\cdot}4 \text{ Kubikfuß.}$$

Da die Hochwassermenge aber 2946,2 — 66,2 = 2880 Kubikfuß beträgt, so müssen noch 1122,6 Kubikfuß durch eine Schleusenöffnung abgehen, und es fragt sich, wie weit dieselbe sein muß. Die Formel (19) gibt

$$x = \frac{2880 - 0,85.60.2\sqrt{\frac{8.32,69}{9}.2 + 36} - 0,62.60.1{\cdot}612\sqrt{2.32{\cdot}696.2 + 36}}{0{\cdot}62.4,388\sqrt{2.32{\cdot}696.2 + 36}}$$

$x = 32$ Fuß.

Es werden also 2 Schleusenöffnungen von je 16 Fuß nöthig.

Es könnte nun noch die Frage entstehen, wie weit staut sich das Hochwasser zurück?

Zur Beantwortung dieser Frage haben wir die Formel (22)

$$Y = \frac{2H}{i}$$

$$Y = \frac{2.2}{\frac{1}{800}} = 4.800 = 3200 \text{ Fuß.}$$

§. 48.

Hölzerne Wehre.

Die hölzernen Wehre haben gewöhnlich dreierlei Constructionen und lassen sich daher abtheilen in:

1) senkrechte Wehre,
2) Wehre mit geneigtem Abschußboden,
3) Wehre mit Stufen.

In jedem Falle muß man darauf Rücksicht nehmen, daß die schwierigsten und kostbarsten Theile des Wehres nicht so bald durch den Wechsel von Nässe und Trockenheit leiden dürfen, sodann daß Grundriß und Querprofil des Wehres geradlinige Formen zeigen, weil sich Krümmungen nicht leicht darstellen lassen.

Handelt es sich um die Ausführung eines hölzernen Ueberfallswehres, so richtet sich die Construction desselben nach der Wehrhöhe und der Höhe des überstürzenden Wassers. Hat man nur eine geringe Höhe von 1 bis höchstens 2 Mtr., so genügt gewöhnlich eine solide Spundwand, welche sich mit Streben gegen eine künstlich befestigte Sohle stützt; ist die Höhe aber bedeutender, so sind 2, zuweilen auch 3 und mehr Spundwände nöthig, die alsdann mit einander verbunden werden und zwischen welche man eine Steinschüttung, Béton oder Mauerwerk bringt.

In Fig. 4 und 4a, Taf. X, sehen wir die Construction eines Wehres von 1 Mtr. Höhe. An die beiden massiv ausgeführten Ufermauern schließt sich eine

regelrecht hergestellte Spundwand an, und damit das überstürzende Wasser die untere Sohle nicht angreifen kann, ist dieselbe mit großen Steinen abgepflastert, die sich gegen 2 Grundschwellen anlegen.

Die Fig. 5 und 5a zeigen eine andere Construction für ein Wehr von der gleichen Höhe. Die Spundwand ist hier zum Theil mit vertical eingerammten Spunden und zum Theil mit horizontal übereinander liegenden gefalzten Bohlen gebildet. In einer Entfernung von 1·5 Mtr. von dieser Wand befindet sich eine zweite Spundwand, und über beiden liegt ein Bohlenbelag, unter welchem die Sohle abgepflastert ist. Eine lose Steinschüttung oberhalb der Stauwand dient dazu, den Wehrkörper dichter zu machen und den Uebergang der Geschiebe bei Hochwassern zu erleichtern.

Die Fig. 6 und 6a geben eine Construction für ein Wehr von 1·5 Mtr. Höhe. 3 Spundwände sichern den Grundbau vor Filtrationen; die eine befindet sich oberhalb, die andere unterhalb dem Wehrboden und die dritte steht direct unter der Stauwand. Ein auf letzterer liegender Fachbaum ist mit den in die Leitpfähle eingefalzten hochkantigen Balken durch eiserne Bolzen niedergehalten. Die Fächer des hölzernen Wehrbodens sind sorgfältig mit Steinen ausgepflastert und mit hydraulischem Mörtel übergossen.

Die Fig. 7 und 7a zeigen die Construction eines Wehres mit geneigtem Abschußboden. Ein aus eingerammten Pfählen und Zangen gebildetes Gerippe ist vollständig mit Steinen ausgelegt und an der Außenfläche sorgfältig abgepflastert.

Eine ähnliche Construction ist aus den Fig. 8 und 8a ersichtlich. Dabei, sowie bei allen anderen Constructionen der Art, ist die Tangende des Winkels, welchen der Abschußboden mit dem Horizont macht, gleich $^1/_4$.

Wehre mit Abstufungen haben entweder die Construction Fig. 9 und 9a, oder Fig. 10 und 10a. Bei der letzteren Anordnung ist der obere Bohlenbelag etwas flußaufwärts geneigt, damit die über das Wehr rollenden Geschiebe in ihrer Bewegung gehemmt werden und somit den Belag weniger angreifen.

Während die senkrechten Wehre mehr nur für geringere Wehrhöhen und für einen festen Boden geeignet sind, empfehlen sich für größere Höhen und schlechteren Boden die Wehre mit geneigten Abschußboden, sowie die Wehre mit Abstufungen, indem dieselben mehr Stabilität haben und das überstürzende Wasser weniger nachtheilig auf die Flußsohle einwirkt.

§. 49.

Steinerne Wehre.

Wehre werden hauptsächlich mit zweierlei Profilen hergestellt;
Wasser senkrecht herabstürzen oder man führt es dem un-
nterhalb des Wehres sanft zu. Im ersten Falle, wenn der
der nur wenig geneigt ist, zerstört sich die lebendige Kraft
ers schon beim Aufstoßen auf den Sturzboden. Dieser
und möglichst wasserdicht sein, damit der Druck des

Wassers sich nicht durch einzelne Fugen auf den losen Untergrund fortsetzen kann.

Fig. 4, Taf. XI., zeigt ein Wehr mit senkrechtem Abfalle, das auf Felsen gegründet ist, woher eine besondere Sicherung gegen die Wirkungen des Wassersturzes entbehrt werden konnte. Der Rücken des Wehres ist nicht horizontal geführt, sondern steigt stromabwärts etwas an, damit der stromaufwärts gekehrte Rand des Wehrrückens dem Stoße des darüber treibenden Eises entzogen und vor demselben sicher gestellt wird, sowie auch, damit die über die Wehrkrone rollenden Geschiebe an ihrer Geschwindigkeit verlieren. Vor dem Wehre bemerkt man eine Kiesablagerung, die sich vor solchen senkrechten Wehren fast immer zu zeigen pflegt, und die sehr steil ist, wenn das Flußprofil der nächst oberhalb gelegenen Strecke nur eine beschränkte Größe hat, dagegen sich sehr weit nach aufwärts erstreckt, wenn dieß nicht der Fall ist. Hinter dem Wehre zeigt sich eine Vertiefung der felsigen Sohle.

Soll ein senkrechtes Wehr auf eine aufgeschwemmte Sohle gegründet werden, so ist dieselbe entweder durch einen Pfahlrost mit guten Spundwänden, oder durch eine Bètonmasse zu befestigen. In dem letzteren Falle ist gewöhnlich der Sturzboden noch mit größeren Steinen gebildet, wie aus Fig. 5 und 5a, Taf. XI., ersichtlich. Solche Wehre können auch durch niedrige Aufsätze erhöht werden und machen somit eine Schleusenöffnung entbehrlich.

Will man das Wehr dagegen in der Art anordnen, daß das Wasser ohne plötzlichen Sturz und unter Beibehaltung der ganzen Geschwindigkeit recht regelmäßig herübergeführt wird, so pflegt man die in den Fig. 1, 7 oder 8 dargestellte Construction zu wählen. Wenn ab, Fig. 6, die Höhe des Wehres ist, so trägt man $2\frac{1}{2}$ ab von a nach c und zieht die Linie cb; nun trägt man den Winkel bcd nach dem Punkt b und zieht von a die Parallele ad, so sind a und d die Mittelpunkte der Bogen bf und fc.

Fig. 1, 2 zeigt ein solches Wehr in der Werra, welches den Zweck hat, das Wasser in einen Gewerbskanal zu stauen. An der Einmündung des Kanals steht eine Schleuse, Fig. 3, 3a, welche eine Verwandung hat, um die Hochwasser abzuhalten.

Fig. 7 zeigt das Wehr, welches Telfort bei Saltersford auf dem Weaver behufs der Verbesserung der Schifffahrt ausführte. Das Profil ist der Art geformt, daß der Stoß des stärksten Wassersturzes schon das Wehr selbst trifft. Die Anbringung der beiden Pfahlreihen am obern und untern Ende des Wehres kann nicht als zweckmäßig angesehen werden, weil ein ungleichförmiges Setzen dabei zu besorgen ist. Das Wehr hat eine Länge von 120 Fuß und ist bogenförmig geführt; auf der rechten Seite schließt es sich an eine Schleuse mit vier Oeffnungen an.

Fig. 8 zeigt ein Wehr in der Tarn bei Villemur; der ganze untere Theil des Massivs besteht aus Bèton.

Die Sicherheit eines solchen Wehres beruht vorzugsweise auf einer recht guten Bearbeitung der Steine in dem Abfallboden und in einer sorgfältigen Ausführung des ganzen Mauerwerks. Trifft es sich nur, daß ein Stein von dem herab-

stürzenden Wasser herausgerissen wird, so kann man mit Sicherheit darauf zählen, daß das Wehr in kurzer Zeit bedeutenden Schaden leidet.

In dem Bisherigen war nur von denjenigen Theilen des Wehres die Rede, welche den Stau verursachen und vom Wasser überströmt werden. Jedes Wehr muß außerdem aber noch Seiteneinfassungen gegen die Ufer erhalten, damit diese bei dem verstärkten Strome nicht leiden, wodurch leicht eine Seitenöffnung entstehen und das Wehr umströmt werden könnte.

Die Seiteneinfassungen bestehen bei gemauerten massiven Wehren aus gewöhnlichen Futtermauern, bei hölzernen Wehren zuweilen auch aus einfachen Bohlwerken.

Im ersten Falle, wo die Einfassungen von Stein erbaut werden, geschieht es zuweilen, daß sie neben dem Wehrrücken senkrecht oder wenig geneigt stehen, stromauf- und abwärts aber immer stärker geneigt sind, so daß sie an dem Ende des Vorbodens, sowie des Abschußbodens schon so flach liegen, daß eine gewöhnliche Abpflasterung angeschlossen werden kann, welche bald in die Uferbossirung übergeht. Wenn diese Anordnung nicht gewählt ist und die Mauern durchweg senkrecht stehen, so müssen zur Bildung eines Anschlusses an das unbefestigte Ufer, am obern wie am untern Ende, Flügelmauern angebracht werden, die in die Ufer treten. Fig. 2.

Will man durch die Seiteneinfassungen des Wehres keine Verengung des Profils veranlassen, so erhalten die Mauern eine Neigung wie die Flußufer; die Abpflasterungen schließen sich direct an die liegenden Mauern an.

§. 50.

Im Allgemeinen ist die Form und Construction der Wehre von der Beschaffenheit der Flußsohle, der Höhe des überstürzenden Wassers und von dem zu Gebote stehenden Material abhängig.

Ist der Boden unangreifbar, also fester Felsen, und sind Steine nicht zu theuer, so sind die senkrechten massiven Wehre die vortheilhaftesten.

Besteht aber die Sohle aus Kies, Sand oder Thon, so sind die Wehre mit einem geneigten oder gekrümmten Abfallboden deßhalb vorzuziehen, weil sie mehr Stabilität haben und etwaige Auskolkungen an dem Fuße derselben weniger gefährlich sind. Kann ein solches Wehr ganz aus Steinen erbaut werden, so dürfte dieß immer am vortheilhaftesten erscheinen; ist aber Mangel an Werkstücken vorhanden, so bleibt die Construction mit einem hölzernen Wehrgerippe, welches mit Steinen ausgefüllt wird, immerhin empfehlungswerth.

Für geringe Wehrhöhen, wie etwa 1 bis 1·5 Mtr., können besonders in holzreichen Gegenden die Wehre mit senkrechten Balken- oder Bohlenwänden in dem Boden, der nur das Einrammen der Pfähle gestattet, mit Vortheil Anfinden. Man hat solche Wehre zuweilen schon bei Felsboden ausge-
aber dann starke eiserne Bolzen in die felsige Sohle befestigen und
vorgesehenen Balken von oben herablassen und durch Schrauben-
[illegible]

§. 51.

2. Schleusenwehre oder Freiarchen.

Der Zweck der Schleusenwehre wurde schon oben (§. 42) angegeben. Ihre Construction stimmt mit der der Wehre insofern überein, als ebenfalls ein Abschußboden, zuweilen auch ein Vorboden und die Seitenwände vorhanden sind. Der Hauptunterschied beider Constructionen besteht darin, daß bei dem Schleusenwehr die den Stau hervorbringenden Theile der Construction nicht fest sein dürfen, sondern die Schleusenöffnung beliebig geöffnet und wieder geschlossen werden kann.

Gewöhnlich und bei kleinern Schleusen ganz allgemein, wird der Schluß der Oeffnung durch Schütze hervorgebracht. Dieses sind hölzerne, zuweilen auch eiserne Tafeln, die auf dem Fachbaume oder dem Rücken der Schleuse stumpf aufstehen und sich seitwärts gegen vortretende Ränder der Wände oder der Mittelpfeiler oder Mittelstiele lehnen. Soll die Oeffnung frei werden, so zieht man sie mittelst verschiedenartiger Vorrichtungen herauf.

Die Breite des einzelnen Schützes ist sehr verschieden, je nach der allgemeinen Anordnung des Schleusenwehres. Oft hat man nur kleine Oeffnungen von 1·5 bis 2 Mtr. Weite, oft sind die Verhältnisse so, daß die Oeffnungen 5·4 bis sogar 10 Mtr. weit sein müssen. Wenn im ersten Fall die einzelnen Schütze durch ganz einfache Vorrichtungen leicht gehoben werden können, so sind dieselben in dem letztern schon complicirter und erfordern um so mehr Kraft, je höher der Wasserstand ist.

Längere Schützen, also solche von 5·4 Mtr. werden selten angewendet, man pflegt daher die ganze Oeffnung in mehrere kleine Abtheilungen zu zerlegen, so daß jede einzelne durch ein Schütz geschlossen werden kann. Diese Abtheilung geschieht entweder durch massive Pfeiler oder hölzerne Wände, und zwar nennt man denjenigen Theil derselben, woran der erwähnte vortretende Rand sich befindet, an welchen das Schütz sich lehnt, den Gries-Pfeiler oder die Gries-Säule.

Bei massiven Schleusenwehren müssen die Mittelpfeiler so stark sein, daß sie dem Stoße des Eises, sowie dem Drucke des Hochwassers hinreichenden Widerstand leisten. Gewöhnlich beträgt die Stärke nicht mehr als 1·5 Mtr., weil eine größere Stärke die Oeffnungen zu sehr beengen würde. Um ihnen alsdann die erforderliche Stabilität zu geben, pflegt man sie nach der Länge mehr auszudehnen und ganz aus Quadern zu erbauen.

Werden die Mittelpfeiler aus Bruch- oder Backsteinen, so sind jedenfalls die Falze aus gehauenen Werkstücken zu bilden. Die Tiefe der Falze beträgt in der Regel 0·09 Mtr. Zuweilen verkleidet man den Falz noch mit eisernen Schienen, um die Reibung zu vermindern. Diese Schienen können von Schmied- oder Gußeisen sein und werden jedenfalls mit Bolzen, die versenkte Köpfe haben, an den Stein befestigt.

Bei hölzernen Schleusenwehren sind gewöhnlich die Seiten- und Mittelwände ebenfalls von Holz.

Diejenige Griessäule, welche in der Seitenwand sich befindet, ist in der Regel ebenso wie die freistehenden Griessäulen, nicht mit Bohlen überdeckt, sondern an

beiden Seiten mit Falzen versehen, in welche die Verkleidung eingreift; um ihr die nöthige Standfestigkeit zu geben, welche der Druck des Oberwassers bedingt, pflegt man den nächsten Theil der Seitenwand, gegen welchen sie sich lehnt, zu verstreben. Eine solche Verstrebung sehen wir in den Fig. 9, 9a, 9b, Taf. XI., welche die Construction eines hölzernen Schleusenwehres angeben.

Würden die Seitenwände von Steinen erbaut, so müßte die hölzerne Griessäule mit einem Theil ihrer Stärke in die Mauer eingelassen und mittelst Bolzen befestigt sein.

Die Mittelwände sind ähnlich wie die Seitenwände construirt, sie haben keinen andern Zweck, als die Griessäule zu unterstützen und gleichzeitig den Streckbalken des Stegs oder der Brücke, welche zur Handhabung der Schütze nöthig ist, als Unterlager zu dienen. Fig. 9, Taf. XI., und Fig. 6a, Taf. XIV.

Indem es sehr wesentlich ist, daß die Griessäulen eine feste Stellung haben, so wird jedesmal ein starker Griesholm darüber gelegt und aufgezapft, wohl auch mit eisernen Bändern befestigt.

Die Schütze bestehen gewöhnlich aus 0·06 bis 0·12 Mtr. starken Bohlen, die horizontal übereinander gefalzt und durch senkrechte und schiefe Leisten miteinander vereinigt sind. Fig. 1, 6 und 6a, Taf. XIV. Häufig besteht das Schütz auch nur aus einer starken Bohlen- oder Balkenlage, welche durch schmiedeiserne Bolzen zusammengehalten ist. Fig. 11 und 11a, Taf. XIV.

Die Stärke der Schütze berechnet sich in jedem Falle nach dem Wasserdrucke.

Aeußerst verschiedenartig sind die Vorrichtungen zum Oeffnen der Schütze. Am einfachsten ist die Vorrichtung bei den kleinen Wässerungsschleusen. Die Leiste verlängert sich nach oben und wird entweder von Hand aus oder mit einem Hebel in die Höhe gehoben; im letzten Falle ist sie mit einigen Sprossen versehen.

Eine sehr bequeme Einrichtung sieht man häufig bei kleinern wie bei größern Schützen; das Schütz hängt nämlich an zwei Ketten und die Enden derselben sind an einer hölzernen Welle dicht unter dem Griesholm befestigt. Durch die Welle gehen zwei viereckige Löcher diametral hindurch, deren Richtungen sich unter einem rechten Winkel kreuzen. Indem man passende Hebel hineinsteckt, so kann man darauf die Welle um einen Quadranten drehen und dadurch das Schütz heben. An einer Seite der Welle ist ein Sperrrad befestigt, in welches ein Sperrhaken einfällt. Sehr empfehlungswerth sind die Wellen mit gußeisernen Köpfen, an denen zugleich die Zapfen angegossen werden können. Fig. 6, 6a und 10, Taf. XIV.

Statt der Welle wendet man auch die gezahnte Stange häufig an, in welche entweder ein Getriebe oder ein Hebel mit Sperrhaken eingreift. Fig. 6.

Nicht immer reicht ein Getriebe aus und muß daher noch ein Vorgelege eingesetzt werden, damit die Kraft an der Kurbel geringer ausfällt und von einem, höchstens von zwei Arbeitern ausgeübt werden kann. Fig. 8.

Ist die Breite des Schützen größer als 1·5 bis 1·8 Mtr., so wendet man 2 Zahnstangen an. Diese können einzeln wieder in Getriebe eingreifen oder durch einen gemeinschaftlichen Mechanismus gehoben werden. Fig. 11, 11a und 11b gibt eine derartige Einrichtung an der Schleuse von Chauny.

Dieselbe Construction kann auch aus Schmiedeisen in kleineren Dimensionen ausgeführt werden.

Zuweilen kann auch das Schütz mit einer Schraubenspindel verbunden sein, welche durch Umdrehung einer losen Mutter gehoben und gesenkt wird.

Statt der hölzernen Welle lassen sich auch eiserne Trommeln anwenden, welche mit starken Hebeln gedreht werden. So besteht die Einrichtung Fig. 1, 2, 3, 4, Taf. XIV., an einem Schleusenwehr in Baden.

Die Vorrichtung zum Heben einer Schütze muß immer der Art sein, daß sie unter allen Umständen genügt; sie muß also für den größtmöglichsten Wasserdruck und für eine gegebene Anzahl Arbeiter berechnet werden. Der Wasserdruck läßt sich leicht ermitteln, sobald die größte Niveaudifferenz der beiden Wasserspiegel vor und hinter dem Schützen bekannt ist. Nach dem Wasserdrucke bestimmt sich sodann die Reibung in den Falzen, und zwar ist der Reibungscoefficient, wenn sich das Schütz gegen hölzerne Griessäulen lehnt, bei der Bewegung $^1/_4$ und am Anfang der Bewegung etwa $^1/_2$.

In vielen Fällen sind die einfachern Maschinen, die man gewöhnlich wählen muß, bei der geringen Zahl von disponiblen Arbeitern nicht ausreichend. Man pflegt alsdann das Schütz der Höhe nach in 2 Theile zu zerlegen und jeden Theil für sich zu heben. So sehen wir bei der Stauschleuse an der Militairschwimmanstalt bei Karlsruhe eine Einrichtung, die sich sehr gut bewährt. Der obere Theil des Schützen, Fig. 6 und 6a, hängt an einer Zahnstange und der untere mittelst zweier Ketten an einer Welle.

Die Falzen sind so, daß die beiden Theile sich hintereinander bewegen können, wie Fig. 9 zeigt.

Soll das Wasser abgelassen werden, so hebt man erst die obern Theile und läßt das Wasser bis auf die Hälfte ablaufen; das Heben der untern Theile erfordert alsdann nicht mehr Kraft als das der obern. Würde man das Schütz an einem Stücke gelassen haben, so hätte man die vierfache Kraft aufwenden müssen.

Die mittlern Oeffnungen dieser Schleuse haben noch eine andere Einrichtung, die ebenfalls empfohlen zu werden verdient. Der untere Theil hat 2 Zahnstangen, Fig. 7, der obere dagegen läuft frei in den Falzen, Fig. 9. Wird nun der erstere gehoben, so nimmt er den letztern mit in die Höhe, indem an dem untern Rande des ersteren 2 eiserne Zapfen hervorstehen, welche Verlängerungen der eisernen Bänder sind, die zur Befestigung der Zahnstangen dienen.

Ein Schleusenwehr, welches mehrere Oeffnungen hat, kann öfters dadurch sehr Noth leiden, daß zur Zeit des Eisganges größere Stücke Eis gegen die Griessäulen stoßen. Man hat hier 2 Mittel, dem Eis einen ungehinderten Durchgang zu verschaffen; das eine besteht darin, daß man die Griessäulen über den Schützen abschneidet, wie Fig. 1, Taf. XIV., oder daß man dieselben zum Herausnehmen construirt und sie in sogenannte Setzpfosten verwandelt. Diese haben unten einen starken Zapfen, der in den Fachbaum eingreift, und lehnen sich oben gegen den Griesholm, mit dem sie verschraubt sind.

§. 52.

Statt der Schütze wendet man in größern Oeffnungen nicht selten Balken an, die man einzeln ohne Falzung übereinander legt, so daß sie eine senkrechte Wand bilden, die den Stau bewirkt. Man nennt sie Damm- oder Vorsatzbalken.

Oeffnungen von 5 bis 6 Mtr. können selbst bei bedeutendem Wasserdrucke durch solche Dammbalken geschlossen werden, es kommen sogar Fälle vor, wo man Oeffnungen von 10 Mtr. Weite in gleicher Weise schließt.

Die Anwendung der Dammbalken wird sich hauptsächlich auf 2 Fälle reduciren und zwar:

1) Wenn die Schleusenöffnungen nur selten geöffnet werden sollen.

2) Wenn das Oeffnen der Schleusen möglichst rasch geschehen soll.

Im ersten Falle werden die Balken, wie Fig. 12, Taf. XIII., zeigt, in Ruthen der Seitenwände eingelegt und erhalten an dem Ende entweder feste Haken, wie Fig. 13, oder eiserne Bügel, wie Fig. 14 und 15, zum Fassen derselben. Will man die Balken ausheben, so geschieht dieses am leichtesten mittelst eines Hakens an einer Stange, der gleich mit derjenigen Kette verbunden ist, woran der Zug ausgeübt wird. Dieser Zug wird übrigens selten von einigen Arbeitern kräftig genug ausgeübt werden können, und man wird vielmehr genöthigt sein, die Ketten entweder über eine Welle mit Spillrädern oder auch mit Laufrädern zu führen, oder wenn der Gebrauch einer solchen Welle nicht mehr praktisch ist, sie über Rollen nach einer Erdwinde gehen zu lassen.

Beim Einlegen der Balken stellt sich gewöhnlich die Schwierigkeit dar, daß der Balken durch sein eigenes Gewicht nur so weit herabzusinken pflegt, daß er oben vom Wasser bedeckt wird. Um ihn alsdann vollends auf die richtige Tiefe zu bringen, wird es nöthig, an beiden Enden Pfosten aufzusetzen und damit den Dammbalken herabzustoßen.

Es kann nicht geläugnet werden, daß selbst bei Anwendung der bequemsten Vorrichtungen das Ausheben der Dammbalken immer schwierig und zeitraubend ist, und daß bei schnell eintretenden Hochwassern der Fall eintreten kann, daß nicht alle Balken herausgebracht und somit nachtheilige Geschiebablagerungen, ja selbst Ueberschwemmungen verursacht werden.

Im zweiten Falle, wenn die ganze Balkenwand plötzlich entfernt werden soll, hat man zweierlei Einrichtungen getroffen. Die erste Einrichtung ist durch die Fig. 12 bis 13, Taf. XIV., dargestellt und besteht darin, daß man die Dammbalken an der einen Seite nicht gegen einen Vorsprung der Mauer, sondern gegen einen hölzernen Stiel b lehnt, der sich um eine horizontale Achse drehen kann, und also umfällt, sobald man einen Riegel d zurückschiebt. Jeder Dammbalken ist an dem andern Ende mit einer Kette gegen die Mauer festgehalten, damit man ihn nach Ablauf des Hochwassers wieder herbeiziehen und einlegen kann. Beim plötzlichen Oeffnen der Wand, das mit großer Heftigkeit erfolgt, treten hierbei häufig Beschädigungen ein, welche das Wiederaufstellen sehr erschweren. Es geschieht daher nicht selten, daß man der Sicherheit wegen noch eine zweite Balken-

wand vor die erste in Ruthen legt, um die etwa nöthig werdenden Reparaturen vornehmen zu können.

Die zweite Einrichtung, wobei sich die Dammbalken gegen eine Wendesäule, die sich um eine verticale Achse drehen läßt, anlehnen, verdient jedenfalls den Vorzug. Sie ist durch die Fig. 14 und 14a, Taf. XIV., dargestellt. Am untern Ende der Wendesäule erfolgt die Drehung um einen Zapfen, der in einer Pfanne steht, wie Fig. 15 zeigt; am obern Ende ist der Hals der Säule cylindrisch bearbeitet und wird von einem eisernen Halsbande umfaßt, welches durch gehörig befestigte Anker mit der Mauer verbunden ist, Fig. 14a. Unter dem Halsbande hat die Wendesäule eine viel größere Breite, so daß sie etwa 0·15 Mtr. über die Mauer vorspringt. Die Dammbalken legen sich einerseits gegen diesen Vorsprung der Wendesäule, andererseits gegen einen in der Mauer angebrachten Falz. Die Wendesäule würde durch den Druck der Dammbalken sogleich gedreht werden, wenn sie nicht durch eine besondere Vorrichtung gehalten wäre. Häufig geschieht dieses durch einen horizontalen Hebel, der an ihrem Kopfe befestigt ist und sich gegen einen beweglichen Haken oder Bolzen lehnt; einfacher und ebenso sicher ist dagegen die hier gezeichnete Vorrichtung mit einem kleinen Keile, der sich gegen ein in das Mauerwerk eingelassenes und mit Bolzen befestigtes Bohlenstück anlehnt. Will man die Dammwand entfernen, so schlägt man nur den Keil los; sobald dieß geschehen, dreht sich die Wendesäule und die Dammbalken schwimmen mit dem Wasser fort; damit sie aber nicht verloren werden, pflegt man sie an den Enden, welche sich gegen den festen Mauerfalz lehnen, mit Ketten zu versehen, welche an die Mauer befestigt sind.

Das Wiedereinstellen der Wand macht wenig Schwierigkeit. Man zieht alle Balken durch die Schleuse hindurch in das Oberwasser, bringt die Wendesäule wieder in die ursprüngliche Stellung, befestigt sie durch den Keil und läßt einen Balken nach dem andern eintreiben, indem man das vordere Ende in den Mauerfalz schiebt, worauf er sich von selbst vor die Oeffnung legt und sogleich herabgestoßen wird.

Zuweilen hat man auch vor die Wendesäule eine eiserne Stange b, Fig. 16 und 16a, charnierartig befestigt, um damit die Dammbalken in die Falze des Mauerwerks zurückschieben zu können. Hierdurch wird der Vortheil erreicht, daß man die obern Balken zuerst fortschwimmen lassen kann, ohne daß die übrigen mitgehen.

§. 53.

3. Schleusen- und Ueberfallswehre.

Wird ein Schleusenwehr mit einem Ueberfallswehr verbunden, so geschieht dieß, wie schon früher erwähnt, aus dem Grunde, damit bei eintretendem Hochwasser der Stau geringer wird und sonach Ueberschwemmungen vermieden werden.

Bei allen Wehranlagen in Flüssen und Bächen, welche zu verschiedenen Zeiten sehr verschiedene Wassermengen führen, wo namentlich die Hochwassermenge

beträchtlich größer ist als die Niederwassermenge, — sind Schleusenöffnungen zum Durchlassen des Hochwassers unentbehrlich.

Aber auch noch in andern Fällen müssen die festen Wehre gewisse Oeffnungen haben, die beliebig geschlossen werden können, z. B. wenn auf dem Bache oder Flusse Flößerei betrieben wird. Solche Oeffnungen sind in keiner Weise verschieden mit den Schleusenöffnungen und unterscheiden sich nur zuweilen dadurch von den letztern, daß der Fachbaum höher liegt.

Auch für die Durchfahrt der Schiffe hat man in früheren Zeiten, bevor man die Kammerschleusen kannte, verschließbare Oeffnungen oder sogenannte Durchlässe in die festen Wehre gemacht; dieselben sind aber allerwärts abgeschafft worden, da sie sich für die Schifffahrt äußerst unbequem und sogar gefährlich erwiesen haben. Werden für die Schiffbarmachung eines Flusses feste Wehre eingelegt, so sind diese stets mit Kammerschleusen zu verbinden; es sind dieß hinlänglich große Räume oder Kammern, die von 2 Seitenwänden und 2 Thoren begrenzt werden. Soll ein Schiff aufsteigen, so öffnet man die Unterthore, fährt das Schiff in die Kammer, schließt die Unterthore, läßt das Oberwasser durch die Ziehschützen der Oberthore in die Kammer eintreten, bis die Wasserspiegel in gleichem Niveau stehen, öffnet die Oberthore und fährt das Schiff hinaus in das Oberwasser.

Beim Abwärtsfahren ist das umgekehrte Verfahren.

Solche Kammerschleusen dürfen indeß niemals von dem Hochwasser durchströmt werden, wenigstens wäre dieß äußerst nachtheilig für die Erhaltung des Mauerwerks und der Thore; man ist daher genöthigt, für den Durchgang des Hochwassers noch besondere Oeffnungen oder Schleusenwehre mit dem festen Wehr in Verbindung zu bringen.

Bei allen diesen Anlagen wird es sich immer darum handeln, auf welche Seite des Wehres die Schleusenöffnung oder die Kammerschleuse gelegt werden soll, und ob es zweckdienlicher sei, bei letzterer das Wehr an das Unter- oder an das Oberhaupt anzuschließen. Man könnte zwar auch das Wehr in der Mitte durchbrechen oder mit einer Kammerschleuse verbinden und es hätte dieß noch den besondern Vortheil, daß alsdann die Durchfluß- oder Durchfahrtsöffnung in einem regelmäßigen Flusse mit dem Thalweg oder der Schifffahrtsstraße zusammenfiele, allein es würde dieß für den Dienst der Schleuse einen Steg oder eine Brücke bedingen und somit den Kostenaufwand bedeutend vergrößern.

Es begründet sich hierdurch die Regel, das Schleusenwehr an ein Ufer anzuschließen und zwar selbstredend an dasjenige, welches für die Bedienung desselben am zweckdienlichsten erscheint.

Bei einem Floßdurchlaß kommt indeß dieser Punkt weniger in Betracht, sondern hat man vielmehr diejenige Seite zu wählen, auf welcher der Thalweg liegt. Befindet sich dieser in der Mitte des Flußbettes, so ist dieses auch der richtige Ort für den Durchlaß und man hat alsdann dafür zu sorgen, daß die Oeffnung von einem leichten Steg aus bequem bewerkstelligt werden kann.

Die Lage der Kammerschleuse ist hauptsächlich von der Lage des Leinpfads abhängig; dieser liegt stets auf der Seite des Flusses, wo die größte Tiefe oder das beste Fahrwasser ist. Jede andere Lage der Kammerschleuse wäre für die

Bedienung derselben und den Zug der Schiffe unbequem und der Schifffahrt hinderlich.

Durch die Lage der Kammerschleuse ist aber auch gewöhnlich die Lage des Schleusenwehres bedingt, indem sich dasselbe am besten direct an die erstere anschließt. Locale Verhältnisse bedingen indeß auch häufig eine andere Disposition.

Da die Kammerschleuse nicht für den Durchgang der Hochwasser geöffnet werden soll, so darf sie auch nicht wohl in das Flußbett selbst gestellt werden, indem alsdann das Profil zu sehr verengt würde; man pflegt sie daher gewöhnlich neben die Uferlinie zu placiren und für die Ein- und Ausfahrt der Schiffe besondere Ausgrabungen zu machen.

Bei scharfen Krümmungen geschieht es zuweilen, daß man einen Schifffahrtskanal anlegt, welcher diese Krümmung abschneidet und oberhalb dem Stauwehr einmündet. Die Kammerschleuse kann in dem Falle meist im Trockenen erbaut werden und steht am besten in einem Abstande von etwa 30 Meter von der Ausmündung des Kanals entfernt, weil alsdann etwaige Verschlammungen der Ausmündung durch die Schleuse selbst weggespült werden können. Einer Versandung des obern Kanaltheils muß freilich auch dadurch vorgebeugt werden, daß man an die Einmündung ein Schleusenhaupt mit einem Stemmthor oder mit Falzen für eine Balkenwand erbaut, damit zur Zeit der Hochwasser eine förmliche Abschließung des Kanals stattfinden kann. In dem Falle, wo das Wehr sich direct an die Kammerschleuse anschließt, placire man das erstere an das Unterhaupt der letztern, weil alsdann die Fundation der Seitenmauer derselben, weniger durch die von dem Wehre herabstürzende Wassermasse, welche Vertiefungen der Sohle bewirkt, gefährdet wird, weil ferner eine Versandung am Unterhaupte vermittelst der Schleuse selbst weggespült werden kann, und endlich für die Einfahrt in das Oberhaupt immer die nöthige Fahrwassertiefe vorhanden ist.

Die lichte Weite der Oeffnung bei einem Schleusen- und Ueberfallswehr muß durch Berechnung ermittelt werden (§. 45). Ist z. B. die größte Wassermenge, welche in einer Secunde abgeführt werden soll = M Kbkmtr. und gehen bei der gegebenen Stauhöhe nur m Kbkmtr. über das feste Wehr, so müssen M — m Kbkmtr. durch das Schleusenwehr abfließen; hiernach bestimmt sich die Weite der Oeffnung. Dabei kann es sich zuweilen treffen, daß der feste Theil des Wehres ganz wegfällt und die Stauanlage sich in ein Schleusenwehr mit mehreren Oeffnungen verwandelt.

§. 54.

4. Bewegliche Wehre.

Ueberfallswehre, welche etwa behufs der Schiffbarmachung eines Flusses oder zur Speisung eines Kanals in das Flußbett gelegt werden, sind in hydrotechnischer Beziehung immer verwerfliche Anlagen, indem sie namentlich dem Abflusse der Hochwasser sehr hindernd entgegentreten und somit häufige Ueberschwemmungen veranlassen. Aus diesem Grunde und weil die Wehre in den Flüssen nur zur Zeit des niedrigen Wassers gebraucht werden, kam man leicht auf die Idee, denselben eine solche Einrichtung zu geben, daß sie bei höhern Wasserständen ganz beseitigt

werden können. Für die Flußschiffahrt, sowie für die Erhaltung des regelmäßigen Zustandes eines Flusses, in welchem mehrere Wehre liegen, ist die Erfindung der beweglichen Wehre eine der wichtigsten, die in neuerer Zeit in der Wasserbaukunst gemacht worden sind.

Wir lassen die Beschreibung der hauptsächlichsten Constructionen hier folgen.

a. Selbstbewegliches Ueberfallswehr bei der Brücke von Prade zu Riom. Taf. XII., Fig. 6, 6a, 6b, 6c.

Die Construction der Wehre an der Brücke von Prad zu Riom beruht auf folgender Thatsache: Wenn man in ein fließendes Wasser eine verticale Ebene stellt, die um eine horizontale Achse beweglich ist, so wird dieselbe streben sich horizontal zu legen, und sich flußaufwärts oder abwärts neigen, je nach der höhern oder niedereren Lage der Achse. Eine Lage der Achse wird es aber geben, für welche Gleichgewicht stattfindet und dieß wird dann der Fall sein, wenn sie durch den Mittelpunkt des Drucks geht. Derselbe liegt in einer rechteckigen Fläche, deren oberer Rand bis an das Niveau des Wassers reicht, in dem dritten Theil der Höhe. Setzt man nun voraus, die Achse sei so befestigt, daß für eine gegebene Wasserhöhe die Ebene im Gleichgewicht stehe, so ist einleuchtend, daß, wenn das Niveau des Wassers aus was immer für einer Ursache plötzlich geändert wird, auch das Gleichgewicht verloren geht; denn um dasselbe zu erhalten, müßte die Achse in das Drittel der neuen Wasserhöhe gestellt werden. Bleibt dieselbe aber in ihrer ersten Stellung, so wird sich die Ebene gegen Thal neigen.

Das Wehr, Fig. 6, 6a und 6b, Taf. XII., besteht aus drei einander ganz ähnlichen Thoren, welche durch zwei Mittel- und zwei Landpfeiler begrenzt sind. Die näheren Details sind aus den Zeichnungen ersichtlich und wird nur bemerkt, daß eine Abflußöffnung in dem Mühlgerinne für gewöhnlich die Wasserhöhe regulirt, und das Gleichgewicht schon gestört wird, sobald das Wasser um einen Centimeter in die Höhe steigt.

Nachdem sich die Hochwasser verlaufen haben, bietet die Schließung des Wehres keine Schwierigkeit dar. Es genügt die Thore von den Pfeilern aus an ihrem oberen Rande mittelst Schiffshaken aufzuheben. Der Schluß des Thores mit der Schwelle im Mauerwerk des Wehrkörpers geschieht nach einer geneigten Ebene. Diese Anordnung bezweckt die Ablagerung von Sand oder Geschiebe zu vermeiden, welche den vollkommenen Schluß des Thores verhindern würden. Um einen solchen zu bewirken, ist es hinlänglich, daß man die Thore langsam schließt, wodurch auf der schiefen Ebene der Schwelle ein heftiger Strom erzeugt wird, der alle Ablagerungen mit fortnimmt. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, daß dieses System für einen Wildbach, der viel Geschiebe führt, wegen den Ablagerungen, die sich vor den Thoren anhäufen und ihre Oeffnung verhindern würden, nicht anwendbar ist.

Dergleichen Drehthore lassen sich auch durch angehängte Gewichte in der aufrechten Stellung erhalten, bei höhern Wasserständen geben die Gewichte aber nach, die Klappen legen sich nieder und erheben sich sogleich von selbst, sobald das Hochwasser verlaufen ist. Diese Einrichtung ist bei der Schiffbarmachung der Ouse

oberhalb York seit dem Jahr 1834 durch Ingenieur Rhodes zur Ausführung gekommen, und hat sehr günstige Resultate geliefert.

b. Bewegliches Wehr im Lehigh-Flusse in Pennsylvanien.
Taf. XII., Fig. 5 und 5a.

Zwischen zwei, die Stauvorrichtung einschließenden, Pfeilern ist das Flußbett mit einer gemauerten Sohle a versehen. Das bewegliche Wehr wird durch zwei hölzerne Thorflügel b, b gebildet, welche mit Charnieren an diese Sohle befestigt sind und sich in eine zu diesem Ende angebrachte Vertiefung c platt übereinander niederlegen. Der eine Pfeiler d enthält eine Kammer e, deren Sohle in einer Ebene mit der für die Aufnahme der Thorflügel bestimmten Vertiefung c liegt. Diese Kammer hat drei Oeffnungen, den Zuleitungskanal f, den Ableitungskanal g und die Oeffnung h, welche die Verbindung der Kammer mit dem Raum unterhalb der beiden Thorflügel b herstellt. Die beiden Kanäle f und g für Zu- und Ableitung des Wassers sind mit Schützen i und k versehen, welche mittelst einer in der Kammer des Pfeilers angebrachten einfachen Vorrichtung so in Verbindung gesetzt sind, daß, wenn die eine niedergelassen, zugleich die andere aufgezogen wird. Um nun das Wehr aufzurichten, hat man nur die Schütze i zu öffnen und somit die Schütze k zu schließen. Das Wasser, oberhalb des Wehres höher stehend als unterhalb, dringt durch den Kanal f in die Kammer und aus dieser durch die Oeffnung h unter die Flügel, welche es so aufhebt, daß der untere den obern zu stützen scheint und beide zusammen ein Wehr bilden, dessen Höhe durch die Anschlagleiste l m bestimmt wird. Um das Wehr wieder niederzulegen, wird die Schütze k geöffnet und somit i geschlossen. Der Druck des Wassers oberhalb des Wehres auf die dasselbe unterstützende Wassermasse hört auf, diese entweicht durch die Oeffnung h zurück in die Kammer e und von da durch den Kanal g und die Thorflügel senken sich unter dem Drucke des überstürzenden Wassers.

c. Feste Wehre mit beweglichen Fallthüren auf dem Flusse Isle.
(Von Thenard.)
Taf. XII., Fig. 1 bis 4a.

Die Schifffahrt des Isleflusses ist zu verschiedenen Zeiten der Gegenstand häufiger Beschwerden von Seiten der angrenzenden Grundbesitzer gewesen, welche in den auf diesem Flusse errichteten Wehren eine unaufhörliche Ursache der Ueberschwemmung ihrer Grundstücke sahen.

Gegen das Jahr 1829 sollte der Ingenieur Thenard, welcher mit dem Dienste der Schifffahrt des Isleflusses beauftragt war, Mittel aufsuchen, um die Klagen der Angrenzer zu beschwichtigen. Die neuen Wehre waren gemauert und erhöhten das Wasser im Mittel um 2 Meter über den niedersten Wasserstand, so daß es noch 1 Meter unter dem Gelände stund.

Thenard erkannte sogleich, daß wenn man zur Zeit der Hochwasser die Krone der Wehre um die Hälfte erniedrigen könnte, der Raum für die Wassermasse so bedeutend vermehrt werden würde, daß Ueberschwemmungen nur selten möglich wären. Er schlug daher vor, die Wehre mit beweglichen Fallthüren zu versehen,

die aufgerichtet, das Wasser auf die nöthige Höhe aufstauen, niedergelegt, dem Hochwasser genügenden Abfluß gestatten, und stellte an die Construction folgende Anforderungen:

1) sollen die Fallthüren von einem einzigen Arbeiter vom Widerlager aus gehandhabt werden können;
2) den Wasserabfluß zur Zeit der Hochwasser nicht hindern;
3) einen hinlänglich dichten Schluß darbieten, damit möglichst wenig Wasser verloren geht;
4) eine geringe Auslage verursachen.

Wie nun diesen Anforderungen genügt wurde, ist aus dem Folgenden zu entnehmen.

Das Wehr besteht hauptsächlich aus zwei Reihen von beweglichen Thüren oder Aufsätzen von Eichenholz, jede 2 Mtr. lang und 1 Mtr. hoch und mit zwei eisernen Charnierbändern mit einer auf dem Mauerwerke befestigten Langschwelle verbunden.

Die flußaufwärts angebrachten Thüren heißen Gegenthore und sind nur aufgerichtet, wenn das Wehr geschlossen wird und also die flußabwärts gelegenen Thüren gegen ihre charnierartig befestigten Streben gestützt werden.

Der untere Theil des Wehres ist fest und besteht aus Mauerwerk.

Wenn die Regen den Lauf des Wassers zu sehr anschwellen und der Schleusenwärter will einige der Fallthüren niederlegen, begibt er sich auf die Ufermauer der an das Wehr sich anschließenden Schleuse mit einer tragbaren Kurbel, welche er an die 2 Meter unter die Ufermauer hinabreichende verticale Welle a aufsteckt, Fig. 1; diese Welle trägt an ihrem untern Ende ein Getriebe, welches in das gezahnte Ende einer eisernen Stange a e eingreift, die nach der ganzen Länge des Wehres auf dem Mauerwerke und entlang den Füßen der eisernen Streben der Fallthüren fortläuft. Die eiserne Stange liegt auf und in eisernen in das Mauerwerk versetzten Ringen und ist in ihrer Länge um so oftmal 0·03 Mtr. verschieblich, als es Fallthüren gibt, so daß auf diese Weise die Füße aller Streben, von der entferntesten an, nach und nach von den an der eisernen Stange angebrachten Ansätzen e, e′, e″, Fig. 2, ergriffen und somit ihrer Stütze beraubt werden, sich folglich niederlegen. Wenn die Hochwasser abgelaufen sind, und es handelt sich darum, die Fallthüren wieder aufzuheben, so ist es vor Allem nöthig den Wasserabfluß zu verhindern, indem man so schnell als möglich die Gegenthore aufstellt, welche nun flußaufwärts umgelegt sind, und in dieser Lage durch einen mit einer Feder versehenen Riegel l, der in einen Schließhaken m eingreift, erhalten werden. Um dieses Aufheben zu bewirken, begibt sich der Schleusenwart mit seiner Kurbel auf die erwähnte Seitenmauer, wo sich ebenfalls eine verticale Welle befindet, die in das gezahnte Ende einer zweiten flachen eisernen Stange a′ a′ eingreift, die nach der ganzen Länge des Wehres auf einem Holme ruht und parallel mit dem ersteren in einer Entfernung von 0·75 Meter oberhalb den Thoren fortläuft. Durch Drehen der Kurbel zieht der Schleusenwart die eiserne Stange gegen sich und läßt sie der Länge nach so oft 0·03 Meter durchlaufen, als er Gegenthore aufheben will. Indem die Stange mit ihren Ansätzen die Federn, welche die Riegel

an ihrem Platze erhalten, zusammendrückt, hakt sie die letzteren los. Sobald das erste Gegenthor ausgehakt ist, ergreift es der Strom und stellt es in die senkrechte Lage, in welcher es durch eine doppelte Kette erhalten wird. Das Gleiche findet statt bei dem zweiten und bei allen folgenden Gegenthoren, sobald nur die Kurbel weiter gedreht wird. Auf diese Art wird der Abfluß fast augenblicklich gehemmt, und der Schleusenwart steigt auf das Mauerwerk des Wehres, wo er nach und nach die Enden der an den Fallthüren befestigten Streben ergreift, und sich derselben als eben so vieler Hebel bedienend, die Thüren aufhebt und die Streben gegen ihre Stützplatten stellt.

Nachdem die beweglichen Fallthüren aufgestellt sind, und sich der Raum zwischen diesen und den Gegenthoren mit Wasser gefüllt hat, stößt der Schleusenwart mit einem kleinen Haken die Gegenthore zurück, welche nun leicht umfallen und sich von selbst wieder einhaken.

Die Leichtigkeit, mit der die Fallthüren während eines Hochwassers von einem Arbeiter niedergelassen werden, und der Umstand, daß man von den Widerlagern aus jede beliebige Durchflußöffnung herstellen kann, bilden die Hauptvortheile des beschriebenen Systems. Die Kosten der Ausführung desselben sind nicht bedeutend, dagegen dürften die Kosten für Reparaturen ziemlich erheblich sein und läßt sich das System nicht bei solchen Flüssen anwenden, die bei hohen Wasserständen größere Geschiebe führen.

d. Nadelwehr in der Yonne bei Belombre.
Taf. XII., Fig. 7 bis 9a.

Die Pfeiler des Wehres sind hier zugleich Brückenpfeiler und haben an den stromaufwärts gekehrten Enden etwas verlängerte Vorköpfe, welche oben durch horizontale Ebenen begrenzt sind. Der ganze Bau ruht auf einer massiven Schleusensohle, welche an beiden Rändern und längs der Stauwand mit Quadern, im Uebrigen mit zugerichteten Bruchsteinen hergestellt ist. Die Steine längs der Stauwand sind so ausgehauen, daß sie einen Falz bilden, gegen welchen sich die hölzernen Nadeln, welche miteinander die Staufläche bilden, anlegen.

In jeder Oeffnung befindet sich ein loser, horizontaler Balken, welcher an zwei schmiedeisernen Stangen hängt, die oben verzahnt und in einen Kasten mit Getriebe und Vorgelege greifen. Dieser Balken kann somit beliebig in die Höhe gehoben werden und bildet aber in der tiefsten Lage die obere Unterstützung der schon erwähnten Nadeln.

Es ist nun leicht begreiflich, daß wenn alle Oeffnungen mit den Nadeln zugestellt sind, das Wasser des Flusses auf eine gewisse, für die Schifffahrt nöthige Höhe angestaut und daß, für den Fall ein Hochwasser eintritt, eine beliebige Anzahl der Oeffnungen frei gemacht werden kann, indem der Schleusenwart nur die horizontalen Balken in die Höhe zu winden hat. Damit die Nadeln nicht fortschwimmen, ist durch deren Köpfe ein Tau geschlungen, welches mit einem Ende an das Oehr eines eingemauerten Bolzens geht.

Das **Aufrichten der Stauwände** macht keine besonderen Schwierigkeiten. Der Schleusenwart begibt sich mit einem Nachen nach abgelaufenem Hochwasser in die zu schließende Oeffnung, faßt die Nadeln zusammen und bringt sie auf den

vorspringenden Pfeilerkopf, an welchen das Tau befestigt ist; hierauf windet er den horizontalen Balken herunter und setzt alsdann, von dem Nachen aus, die Nadeln der Ordnung nach wieder ein. Bei kleinern Hochwassern wird gewöhnlich nur die mittlere Oeffnung frei gemacht.

Daß derartige Nadelwehre nicht besonders wasserdicht sind, braucht keiner weitern Erörterung, ihre Anwendung wird deßhalb auch da, wo mit der Wassermenge ökonomisirt werden soll, nicht wohl stattfinden können.

e. Nadelwehre von Poirée.
Taf. XIII., Fig. 1, 2, 3, 4.

Eine äußerst sinnreiche Construction haben die Nadelwehre, welche im Jahre 1837 zuerst in der Yonne in Frankreich durch den Ingenieur Poirée zur Ausführung kamen. Eine Reihe hölzerner Nadeln stützt sich gegen ein aus beweglichen schmiedeisernen Rahmen gebildetes Gerippe, welches auf das Grundbett in eine Vertiefung niedergelegt werden kann.

Das erste Wehr dieser Art wurde bei Epineau erbaut und entsprach auch vollkommen seinem Zwecke, nur entsprang aus dem Umstande, daß man bei dem Oeffnen oder Niederlegen des Wehres die Nadeln von Hand aus wegnehmen und zurücktragen mußte, der Nachtheil, daß zu viele Zeit verloren ging und in Folge dessen das gestaute Oberwasser zum Theil unbenutzt weiter strömte.

Um eine Oeffnung von 35 Meter Weite herzustellen, brauchte man 1½ Stunden Zeit, also für einen Meter 2′ 34″, nämlich:

für Entfernung der Nadeln 2 Minuten,
„ „ „ Brücke und der Verbindungsstange . . 20 Secunden.
Umlegung des Gerippwerkes . . . . 5 „
Messung, um sich zu überzeugen, daß die Rippe am Boden liegt 9 „

Die Wegnahme der Nadeln erforderte daher ⁴⁄₅ der ganzen Zeit.

Dieß gab Veranlassung, daß man im Jahr 1841 alle Wehre in der Yonne abänderte und ein Ausrückungssystem einführte, welches zum Zweck hatte die Nadeln falzweise zu entfernen.

Es wurden zwei Systeme entworfen, eines von Chanoine und das andere von Poirée. Das letztere, als das dem Zwecke entsprechendere, wurde zur Ausführung gebracht, und soll daher in dem Folgenden näher beschrieben werden.

Die Taf. XIII., Fig. 1, zeigt ein solches Wehr im Grundrisse.

Fig. 2 ist ein Theil des Grundrisses in größerem Maßstabe.

Fig. 3 stellt den Querschnitt des Wehres dar.

Fig. 4, 5, 6, 7 sind einzelne Theile des Wehres.

Fig. 8 eine Hebelbarre zum Umlegen der Wehrrippen.

Von Meter zu Meter sind eiserne Rippen aufgestellt, welche sich um eine horizontale Achse drehen lassen. Fig. 7 zeigen die Lager für die Drehzapfen. Auf diesen Rippen liegen die Bohlen P und P_1, welche einestheils die Arbeitsbrücke, anderntheils die Stützen für die hölzernen Nadeln bilden. Die vordern Bohlen P, welche wie die Bohlen P_1 an ihren untern Seiten mit Leisten t_1 und t_2, Fig. 4, versehen sind, lehnen sich gegen die Zapfen C, C′ und C″, Fig. 2

und 5 und dienen zugleich als Verbindungsmittel für die Rippen, indem sie mit ovalen Löchern versehen sind, durch welche die cylindrischen Zapfen B'', Fig. 2, 4 und 5 gesteckt werden. Sämmtliche Nadeln der Fächer wie T, T' 2c. sind an ihren Köpfen mit einem Taue zusammengefaßt, welches z. B. bei dem Fache T durch ein Loch in dem Bohlen P und das Oehr eines Bolzens an dem Bohlen P' hindurchgeht, somit sämmtliche Holztheile des Fachs zusammenhält. Dieses Tau hängt mit einem größeren Taue zusammen, welches an einer der letzten stehenden Rippen oder an das Ufer befestigt ist. Die Zapfen C, C', C'' sind stromaufwärts abgerundet, damit sie die Bohlen P nur nach einer Linie berühren, ebenso sind auch die Ecken der Bohlen P abgerundet und mit Eisenblech beschlagen.

Durch die Oehre der Bolzen C, C' C'' zieht sich eine Kette, welche in der Zeichnung weggelassen ist und dazu dient, die Rippen beim Aufrichten in die Höhe zu ziehen.

Um nun die Art der Umlegung eines Faches wie T, Fig. 2, einzusehen, muß man berücksichtigen, daß durch Behandlung der vorhergehenden Fächer der Zapfen B' bei O' herausgenommen ist und die Rippen F' und F'' durch eine Stange s mit Backen, Fig. 6, verbunden sind.

Zur Fortsetzung des Verfahrens ist der Wehrmeister mit einer Hebelbarre, Fig. 8, versehen, die aus einem knieförmig gestalteten Theil ADGH besteht, der am Ende A mit 2 Backen und bei D und H mit Hülsen versehen ist, in denen sich eine gerade Stange JK bewegt, die durch den Hebel LM so weit vorgerückt werden kann, bis der Vorsprung K an die Hülse D anstößt.

Der Wehrmeister befindet sich auf der Arbeitsbrücke des Faches T', faßt, während sein Gehilfe den Zapfen B', der noch das Brett P festhielt, entfernt hat, mit den Backen der Hebelbarre durch die Löcher der Bohlen P' den Kopf der Rippe F'', stößt die bewegliche Stange JK nach vorwärts, also gegen den Kopf der äußersten Bohle P', welche durch ihre Leiste auf den Kopf der Rippe F drückt und diese letztere um ihre Achse so dreht, daß bald die Kante des Zapfens C der abgerundeten Ecke der Bohle P gegenüber zu liegen kommt, worauf der Druck der Nadeln diese Bohle zurückstößt und die Rippe F so weit zur Seite drückt, daß sie vollends auf die Wehrbettung herabfällt. Die Nadeln und Bohlen des Faches T, ihrer Stütze beraubt, werden von der Strömung mit fortgerissen und hängen sich mit ihrem Taue an das Haupttau. Legt sich die Rippe F nicht ganz in die Bettung, so muß sie mit einer Handbarre vollends hinuntergestoßen werden. Soll nun das Fach T' niedergelegt werden, so bringt man die Verbindungsstange und die Hebelbarre in das Fach T'', macht den Zapfen B'' los und verfährt in gleicher Weise, wie in dem Fache T', worauf auch die Holztheile dieses Faches von der Strömung fortgerissen werden u. s. f.

Zwei Arbeiter sind zu diesem Geschäfte ausreichend und brauchen zu einer Oeffnung von 30 Meter Weite nur 6 Minuten.

Bei der Aufrichtung des Wehres stellt man eine Rippe nach der andern auf, indem man sich der Kette bedient, und legt sodann die Bohlen und Nadeln der Ordnung nach und fachweise wieder an ihre Stelle. Für das Aufrichten eines Faches sind 3 Minuten Zeit nöthig.

Die Vortheile dieses Systems sind:

1) daß die Rippen der Nadelwehre eine Höhe von 2 Meter haben können;
2) daß 2 bis 3 Mann für den Dienst des Wehres genügen und einen laufenden Meter in einer halben Minute öffnen;
3) daß das Oeffnen des Wehres mit Leichtigkeit bei Tag oder bei Nacht geschehen kann.

§. 54 a.

Die Systeme von Thenard und Poirée können auch mit Vortheil zu einem besonderen Wehrsystem vereinigt werden, welches sich für Schleusen sehr gut eignet, die rasch geöffnet werden sollen oder auch den Wasserstand selbst reguliren und jede Bedienung entbehrlich machen.

Die Fig. 9, 10, 10 a, 11 und 11 a, Taf. XIII., zeigen die Construction eines solchen Wehres, wie es über die kleine Seine bei Courbeton in der Nähe von Montereau ausgeführt wurde. An das Unterhaupt einer Kammerschleuse schließt sich ein Nadelwehr von 38 Mtr. Länge an. Zur Abführung der Hochwasser genügt eine Schleusenöffnung von 12 Mtr. Weite; man hat daher eine Schleuse nach dem gemischten System gebaut und diese von dem Nadelwehr durch einen Pfeiler von 1 Mtr. Dicke getrennt.

Ist die Schleuse geschlossen, so sind die Fallthüren, Fig. 10, 11 und 11 a, aufgestellt, die eisernen Wehrrippen bleiben aufgerichtet und dienen zur Unterlage für die Bohlen der Dienstbrücke, bilden somit einen Steg. Die Nadeln sind entfernt.

Steigt der Wasserspiegel, so tritt das Wasser in einen in dem Ufermauerwerk befindlichen Kanal, welcher es auf ein Wasserrädchen von 1·6 Mtr. Durchmesser und 0·5 Mtr. Breite leitet. Fig. 10. An der Achse des Rades sitzt ein konisches Getriebe und dieses greift in ein konisches Rad ein, an dessen Achse abermals ein rechtwinkliches Getriebe sitzt, welches wieder in ein Stirnrad eingreift, dessen Achse senkrecht steht und bis auf die Wehrbettung herabgeht; an dem untern Ende dieser Achse sitzt abermals ein Getriebe, welches mit dem gezahnten Ende einer Stange r, Fig. 10 a, im Eingriff steht, deren Längenverschiebung ein, der Reihe nach aufeinander folgendes, Herabfallen der Fallthüren verursacht.

Sind so viele Fallthüren gefallen, daß der Wasserspiegel wieder auf seine frühere Höhe zurücksinkt, so steht das Wasserrädchen von selbst wieder still und eine weitere Oeffnung der Schleuse findet nicht statt.

Bei einem Hochwasser hört der Zufluß auf das Wasserrädchen erst dann auf, wenn alle 12 Mtr. geöffnet, d. h. alle Fallthüren umgelegt sind.

Hieraus ist nun leicht erklärlich, wie eine Regulirung des Wasserspiegels von selbst erfolgt und somit ein Ueberstürzen des Wassers an dem Nadelwehr niemals vorkommen kann.

Sollen die Fallthüren nach Ablauf des Hochwassers wieder aufgerichtet werden, so stellt der Schleusenwart die Nadeln ein und bildet sich somit eine Schutzwand, hinter welcher die Thüren von Hand aus mit Leichtigkeit in die Höhe gestellt werden können.

Nach beendigter Aufrichtung der Fallthüren werden die Nadeln wieder weggenommen und die Bohlen der Arbeitsbrücke, falls man sie bei dem Hochwasser entfernt haben sollte, wieder aufgelegt.

Für den Fall, daß das Wasserrädchen länger in Bewegung sein sollte, als zur völligen Zurückschiebung der Stange r nöthig ist, befindet sich eine Einrichtung an dem Mechanismus, durch welche die Auslösung des Eingriffs von selbst erfolgt. *)

§. 55.

Damm- und Entwässerungsschleusen.

Wenn ein Fluß bei eintretendem Hochwasser seine Ufer überfluthet, so pflegt man das längs dem Flusse liegende Gelände durch Dämme oder Deiche gegen Ueberschwemmungen zu sichern.

Durch die Erbauung solcher Dämme darf aber der Abfluß des Wassers, sei es nun Regen- oder Quellwasser, welches sich hinter den Dämmen sammeln kann, nicht gehindert, sondern muß vielmehr für dessen Ableitung in den Fluß Sorge getragen werden. Eine einfache Durchbrechung des Dammes bis auf die Sohle des Entwässerungsgrabens würde den Nachtheil haben, daß durch dieselbe das Hochwasser des Flusses austreten und abermals Ueberschwemmungen veranlassen könnte, es ist daher stets die Einrichtung in der Art zu treffen, daß der Abfluß der Seitengewässer nicht gehindert ist und die Oeffnung bei eintretendem Hochwasser entweder beliebig geschlossen werden kann, oder sich von selbst schließt. Im ersten Falle nennt man den Bau eine Entwässerungsschleuse, im zweiten dagegen eine Siele. Die Fig. 1 bis 5, Taf. XV., zeigen die Construction einer Entwässerungsschleuse, wie solche an dem Rheinstrome ausgeführt wurde. Zum Verschluß der Oeffnung dient ein Schütz, von welchem 2 Zahnstangen nach 2 an einer Welle festsitzenden Getrieben gehen, die durch einen Hebel mit Sperrhaken gedreht werden können. Die Gründung der Schleuse ist auf Béton.

Eine andere Entwässerungsschleuse mit etwas größerer Oeffnung ist durch die Fig. 6—9 dargestellt. Hier dient ein hölzernes Thor zum Verschlusse, dessen Construction aus den Fig. 10, 11, 12, 13 und 14 deutlich hervorgeht.

Die Construction einer Siele ist durch die Fig. 16 bis 16c gegeben. Hier dient zum Verschlusse eine schräge gestellte Klappe, welche wohl das Wasser von der Landseite durchströmen läßt, aber um so stärker zugedrückt wird, je höher das Hochwasser steigt und je größer also die Differenz der beiden Wasserspiegel ist. Man hat in neuerer Zeit vielfach solche Sielen zur Ausführung gebracht, dieselben haben zuweilen 2 Oeffnungen und die Klappen sind aus gerieftem Eisenbleche angefertigt.

So wenig durch die Erbauung der Dämme die Ableitung der Seitengewässer in den Fluß gehindert werden darf, ebenso wenig darf die Zuleitung des Flußwassers auf das hinter den Dämmen liegende Gelände, sei es behufs der Bewässerung desselben oder zum Betrieb irgend eines Werkes, gestört werden. Die in diesem

---

*) Annales des ponts et chaussées. 1851. 2.

Falle zu erbauenden Dammschleusen können entweder die gleiche Construction haben wie eine Entwässerungsschleuse, oder sie werden in der Art angelegt, daß die Oeffnungen die Höhe des Dammes haben und alsdann oben offen sind. So zeigen z. B. die Fig. 10 und 10a, Taf. XI., eine Dammschleuse mit 2 Oeffnungen, welche an dem Draisam-Kanal bei Neuershausen zur Ausführung kam, um das für den Betrieb mehrerer Mühlen nöthige Wasser aus dem Kanal nach der Seite hin abzuleiten. Damit die Hochwasser nicht hinter den Damm treten, ist eine kräftige Verwandung angebracht. Aehnliche Constructionen werden erforderlich, wenn ein Theil der Wassermenge eines Baches oder Flusses in einen Gewerbskanal geführt werden soll. Man pflegt sie an die Einmündung des Kanals zu stellen, woher ihr Name „Einmündungsschleusen." Gewöhnlich haben dieselben nur eine Oeffnung, welche mit einem Schütz geschlossen werden kann; eine leichte Verwandung verhindert den Eintritt der Hochwasser. Die Gründung der Schleuse richtet sich nach der Beschaffenheit des Bodens und geschieht meist auf Bèton. Die Schleusensohle und die Seitenwände sind von Stein, letztere mit Flügelmauern versehen.

Hierher gehören auch die Bewässerungsschleusen, welche ausgeführt werden, wenn von einem Bache oder Flusse ein oder mehrere Wässerungsgraben ausgehen. Eine überwölbte Bewässerungsschleuse ist durch die Fig. 15 und 15a gegeben.

Die Fig. 17 und 17a zeigen die Construction einer Bewässerungsschleuse mit 3 gleichen oben freien Oeffnungen von 1·8 Mtr. Weite.

Eine kleinere Bewässerungsschleuse von nur 0·9 Mtr. Weite ist durch die Fig. 18 und 18a dargestellt. Ferner enthält die Taf. XVI. mehrere Bewässerungsschleusen, wie solche im Großherzogthum Baden in dem Inspectionsbezirke Karlsruhe ausgeführt wurden.

Sechster Abschnitt.

Fluß- und Kanalschifffahrt.

Fluß- und Kanalschifffahrt.

a. Flußschifffahrt.

§. 56.

Haupterfordernisse der Flußschifffahrt.

Die Flußschifffahrt hängt von der Geschwindigkeit und insbesondere von der Tiefe des Flusses ab. Die Geschwindigkeit darf nicht zu groß, die Tiefe nicht zu gering sein, indem sonst die Vortheile der freien Thalfahrt durch die übermäßigen Kosten für den Zug bei der Bergfahrt verloren gehen, und die Schiffe überhaupt nur eine geringe Tragfähigkeit haben können. Ein größeres und tiefer beladenes Schiff kann viel wohlfeiler transportiren, als ein kleineres, weßhalb es auch bei der Schiffbarmachung eines Flusses hauptsächlich darauf ankommt, die Anwendung möglichst großer und tiefgehender Schiffe zu befördern.

Die Flüsse sind natürliche Straßen, die das Binnenland mit dem Meere verbinden. Die Kosten für ihre Schiffbarmachung sind allerdings oft sehr bedeutend, allein sie sind geringer, als die eines künstlich gegrabenen Kanals; es wird daher die Flußschifffahrt bei aller Vervollkommnung der Landcommunicationen stets von großer Wichtigkeit für den Handel sein.

Nach Sganzin ist ein Fluß floßbar, wenn er eine Breite von 4 Mtr. und eine Tiefe von 0·5 Mtr. hat, sei es, daß das Wasser seinen regelmäßigen Lauf fortsetze oder von Zeit zu Zeit angestaut werde, wie dieß z. B. in der Yonne der Fall ist. Schiffbar ist dagegen ein Fluß, welcher mit Segelschiffen befahren werden kann und also außer der gehörigen Breite und Tiefe keine zu große Geschwindigkeit hat. Die kleinsten Schiffe, welche man für den Handel zu bauen pflegt, haben 2 Mtr. Breite und ziehen beladen 0·6 Mtr. Wasser. Ihre Länge wechselt von 10 bis 20 Mtr. und die geringste Ladung ist 7—8 Tonnen. Auf größeren Flüssen haben die Schiffe 7 Mtr. Breite und 70 Mtr. Länge, gehen 2 Mtr. tief, wenn sie beladen sind, und laden bis zu 500 Tonnen. Die geringste Tiefe, welche ein Fluß haben darf, um schiffbar zu sein, wäre somit für den geringsten Tiefgang von 0·6 Mtr. ein Meter.

Was die Geschwindigkeit des Wassers oder das Gefälle betrifft, welches für einen schiffbaren Fluß am geeignetsten erscheint, wenn die Schiffe bei

der Bergfahrt durch Pferde oder Menschen gezogen werden, so gibt Sganzin die äußere Grenze des letztern zu 1:2000 an und bemerkt, daß dabei die Bergfahrt mit Hülfe der Segel günstigen Falls auch ohne Pferdezug möglich sei. Nach Hagen werden auf der Mosel und Saar Gefälle von 1 : 500 noch ohne große Beschwerden überwunden, besonders wenn immer zwei Schiffe miteinander die Bergfahrt machen und die Pferde von beiden an solchen Stellen vor jedes einzelne Schiff gespannt werden. Dabei ist es aber Bedingung, daß die Stromschnelle gerade ist und der Ziehweg möglichst nahe am Fahrwasser und parallel mit demselben liegt, findet dieß nicht statt, dann ist ein Gefälle von 1:800 auf kurze Strecken als äußerste Grenze anzunehmen, wenn eine Stromregulirung im Schifffahrtsinteresse ausgeführt werden soll.

Sofern überhaupt aber die Bergschifffahrt bei den meisten Flüssen nur mit Hülfe eines Leinenzugs durch Pferde oder Menschen stattfinden kann, ist es ein weiteres Erforderniß der Flußschifffahrt, daß längs des Flusses ein bequemer Ziehweg angelegt werden kann. Nur auf solchen Strömen oder größern Theilen derselben, wo die Gefälle unbedeutend, etwa $\frac{1}{10000}$ und sonach die Geschwindigkeit des Wassers sehr geringe ist, pflegt sich die Segelschifffahrt vollständig auszubilden. Im Allgemeinen aber ist das Segel bei den Flußschiffen nur ein untergeordnetes Hülfsmittel zur Bewegung. Für die Thalfahrt gibt der Strom selbst die bewegende Kraft und es dient das Steuerruder dazu, dem Schiffe die gehörige Richtung zu geben. Nur in denjenigen Strecken, wo das Gefälle sehr geringe ist und die Kraft des Stromes nicht mehr zur Bewegung genügt, hilft man sich gewöhnlich entweder durch Fortschieben mittelst Stangen oder es wird auch die Zugleine an's Ufer gebracht und Menschen oder Pferde vorgespannt.

Bei der Bergfahrt wird das Segel häufiger benutzt, als bei der Thalfahrt, doch nur bei günstigem Winde und mäßiger Strömung genügt es allein zum Forttreiben des Schiffes. Nur wenn ein bequemer Leinpfad für Pferde eingerichtet ist, wird die Bergfahrt ohne besondere Beschwerden und Kosten möglich sein. Wo dieser fehlt, bleibt kein anderes Mittel, als das Fortschieben mit Stangen oder das Ziehen an einer Leine und zwar durch Menschen. Beides ist sehr beschwerlich.

Hat der Strom eine beträchtliche Tiefe und werden die Schiffe durch Dampfbote, sog. Dampfschleppschiffe, stromauf geschleppt, dann kann die Anlage eines Leinpfades unterbleiben. Die Dampfboote haben den Vortheil, daß sie vielschneller fahren wie die Segelboote und daß sie auch bei höherem Wasserstande, wenn der vorhandene Leinpfad unter Wasser ist, noch fahren können.

Hinsichtlich des Zugs der Schiffe durch Pferde oder Menschen wäre noch zu bemerken, daß die Zugleine an dem Maste so befestigt sein muß, daß sie nicht in das Wasser eintaucht, daß sie ferner auch nicht zu kurz sein soll, damit der Zug nicht gar zu schräge ausgeübt wird, da er wegen der schiefen Stellung des Schiffes, welche nöthig ist, damit dasselbe nicht gegen das Ufer stößt, zu sehr erschwert werden würde. Entfernt sich der Leinpfad weit vom Ufer, so ist die Leine zu verlängern und nöthigenfalls durch einige Bockmachen zu unterstützen.

Ein Pferd, welches im Schritte geht, zieht in einem stillen Wasser eine Last von 60 Tonnen. Beträgt die Geschwindigkeit des Wassers 1 Meter, so zieht es nur 15 Tonnen, und steigt die Geschwindigkeit auf 3 Meter, so zieht es nur 3,8 Tonnen. Da nun die Arbeitsgröße eines Pferdes in diesem Falle 10mal größer ist, als die eines Menschen, so zieht ein solcher bei 1 Mtr. Geschwindigkeit des Wassers höchstens 2 Tonnen und bei 3 Mtr. höchstens $^1/_2$ Tonne.

Meistens ist es der Mangel an Tiefe des Wassers, welcher der Schifffahrt hinderlich ist, wozu sich häufig noch das weitere Hinderniß, nämlich die zu große Geschwindigkeit der Strömung gesellt.

Beide Hindernisse können gehoben werden, wenn unterhalb der Stromschnelle ein Wehr gebaut wird. Dieses hebt nicht nur die starke Strömung auf, sondern staut das Wasser so hoch an, daß die hinreichende Fahrtiefe sich bildet. Für den Uebergang der Schiffe ist alsdann eine Kammerschleuse zu erbauen, worüber in den §§. 65 bis 74 das Nöthige gesagt ist. Die Schiffbarmachung der Ruhr, Lippe, Lahn geben Beispiele für dieses System. Nicht in allen Verhältnissen wird es zwar das Zweckmäßigste sein, die Schiffbarmachung des Flusses durch Wehre und Schleusen zu erzielen, denn einestheils sind die Anlage- und Unterhaltungskosten sehr bedeutend, und anderntheils verursacht der Durchgang der Schiffe durch jede Schleuse großen Aufenthalt. Bei manchen Flüssen, die bei kleinem Wasser wenig Tiefe haben, und wo die Schiffe alle zu gleicher Zeit fahren, sobald nämlich bei starkem Regen eine Anschwellung stattfindet, ist ein solcher Aufenthalt oft sehr nachtheilig. In solchen Fällen und namentlich wenn nur einzelne Stromschnellen in dem Flusse vorkommen, dürfte es meist angemessener erscheinen, keine Schleusen zu bauen und nur durch Stromregulirung die Schifffahrt zu sichern. Streich- oder Parallelwerke werden die hauptsächlichsten Mittel sein, um überall den Strom auf seine Normalbreite einzuschränken und ihm dadurch eine größere Tiefe zu geben. Auch zu scharfe Krümmungen, welche der Schifffahrt hinderlich oder gefährlich erscheinen, müssen entfernt werden. — Regulirung der Saar. —

Sowohl die Regulirung, als auch die Schiffbarmachung eines Flusses durch Wehre und Schleusen erfordert bedeutende Anlagekosten. Man kommt daher der Schifffahrt in manchen Fällen dadurch zu Hülfe, daß man zur Zeit der niedersten Wasserstände künstliche Anschwellungen erzeugt. Auf manchen kleinern Flüßen in Frankreich, z. B. der Yonne, ist dieses System sehr ausgebildet und wird durch bewegliche Wehre mit eisernem Gerippwerke wesentlich erleichtert. Letztere sind in solchen Abständen von einander ausgeführt, daß der Stau eines jeden die für leere Schiffe erforderliche Tiefe in der anstoßenden obern Flußstrecke darstellt, wodurch die Möglichkeit gegeben ist, die leeren Schiffe wieder heraufzubringen. In Zwischenzeiten von 2—3 Wochen wird gewöhnlich eine Fluthwelle herabgelassen, indem man die sämmtlichen Wehre nach und nach öffnet. Die Schiffe, welche die Fahrt mitmachen, sammeln sich oberhalb dem ersten Wehre und machen alsdann ihre Fahrt mit der Fluthwelle bis zum zweiten Wehre. Dort stehen wieder neue Schiffe, welche sich an die übrigen anschließen und mit ihnen die Fahrt weiter machen bis zum dritten Wehre ꝛc. Es ist nicht zu läugnen, daß ein solches System der Schifffahrt für einen stromabwärts gerichteten Verkehr am wohlfeilsten kommt.

Endlich wäre noch zu erwähnen, daß man zuweilen den Fluß ganz in seinem natürlichen Zustande beläßt, aber neben demselben einen vollständigen Kanal aushebt und zur Ausgleichung der Gefälle Schleusenkammern in denselben erbaut. Dieses Verfahren ist sehr kostbar, gewährt aber den großen Vortheil, daß die geringste Wassermasse zur Erhaltung der Schifffahrt genügt, und empfiehlt sich daher vorzugsweise für kleine Flüsse mit starkem Gefälle.

Hieraus geht hervor, daß die Schifffahrt in verschiedener Weise bei einem Flusse eingeleitet werden kann. Die Natur des Flusses und die Anlagekosten werden am besten die zweckmäßigste Art des Schifffahrtsbetriebs bestimmen.

Die Schifffahrt auf größern Strömen verlangt aber nicht allein die Anlage von Leinpfaden, sondern es sind auch an passenden Stellen, in der Nähe größerer Städte, Anlandungsplätze und kleine Hafenbassins mit den nöthigen Lagerungsräumen rc. anzulegen. Die Taf. 24 und 25 geben den Grundriß und Durchschnitt des Mannheimer Hafens, sowie die nöthigen Ansichten der Hafenschleuse. Derselbe wurde erst seit Kurzem durch eine Eisenbahn mit dem Bahnhofe daselbst verbunden, um den Gütertransport von der Bahn auf den Rhein und umgekehrt zu erleichtern. Statt einer ausführlichen Beschreibung verweisen wir lediglich auf die Zeichnungen.

b. Kanal-Schifffahrt.

§. 57.

Von den Kanälen im Allgemeinen. *)

Die Schifffahrtskanäle sind künstliche Anlagen, welche, übereinstimmend mit ihrer Benennung, Schifffahrts-Wege darstellen. Jedes Erdwerk oder jeder Graben, welcher so viel Wasser aufnimmt und erhält, als zur Schifffahrt nöthig ist, kann mit dem Namen Kanal bezeichnet werden, doch versteht man unter einem Schifffahrtskanal immer eine Reihe ähnlicher horizontalliegender Graben, welche in verschiedenen Höhen liegen und durch Kammerschleusen vereinigt sind.

Die Kanalschifffahrt stellt sich vergleichungsweise gegen die Flußschifffahrt überwiegend vortheilhaft heraus, wenn man ihre Sicherheit, die Gleichmäßigkeit des Wasserstandes und die viel größere Bequemlichkeit des Leinenzuges in Betracht zieht. Beim Kanale liegt der Leinpfad stets neben dem Fahrwasser, und scharfe Krümmungen kommen dabei nur selten vor und sind leichter zu befahren, weil keine Strömung stattfindet, wogegen selbst auf regulirten Flüssen die Bergfahrt häufig sehr beschwerlich ist. Seitdem die Kammerschleusen erfunden waren und auf Kanälen ihre Anwendung fanden, konnten letztere auch auf das hohe Terrain zur Seite der Flüsse und selbst über die Wasserscheiden zwischen zwei Flußgebieten geführt werden. Orte, die von schiffbaren Strömen ganz entlegen sind und von dem Schifffahrtsverkehr ganz ausgeschlossen zu sein scheinen, können durch Kanäle verbunden werden. Der Vortheil der Kanäle gegen die gewöhnlichen Landstraßen ist aber einleuchtend, wenn man die Lasten vergleicht, welche ein Pferd in beiden

*) Hagen, Wasserbau.

Fällen ziehen kann. Auf guten Straßen rechnet man für ein Pferd 18—20 Ctr. Ladung, dagegen zieht ein Pferd selbst auf engen Kanälen schon 600 Ctr. Ladung und auf sehr breiten Kanälen sogar 12—1500 Ctr.

Daß daher die Kanalanlagen auf die Hebung des Handels und die Erweckung der Industrie einen wohlthätigen Einfluß üben müssen, bedarf keiner weitern Auseinandersetzung. Den hohen Standpunkt, den England in jeder Beziehung jetzt einnimmt, seine Wohlhabenheit, seine commercielle und industrielle Entwicklung verdankt es der Erleichterung des innern Verkehrs, namentlich durch die Kanäle, welche alle größeren Ströme und die meisten Häfen miteinander verbinden. Schon im Jahr 1737 entwarf Brindley das Project zu dem Bridgewater-Kanal, dessen Ausführung 1759 vom Parlament genehmigt und 1776 beendigt wurde. Derselbe ist 8 deutsche Meilen lang, beginnt bei Manchester und endigt bei Runcorn am Mersey. Mittelst 10 Schleusen überwindet der Kanal ein Gefälle von 80 Fuß. Der Leeds-Liverpool-Kanal, der 1779 concessionirt wurde, verbindet die Städte Leeds und Liverpool und hat eine Länge von nahe 27 Meilen und 56 Schleusen. An diese beiden größern Kanäle schließen sich eine Menge kleinere Kanäle an, und dienen theils zur Verbindung der schiffbar gemachten Flüsse untereinander, theils liegen sie streckenweise zur Seite derselben, so daß sie von der Grenze Schottlands bis nach Nottingham ein vielfach verzweigtes Netz von Wasserstraßen für eine kleine Schifffahrt darstellen. Noch weitere wichtige Kanalanlagen in England sind die folgenden:

Der Lancaster-Kanal, der Chesterfield-Kanal, der Trent-Mersey-Kanal, der Staffortshire-Worcestershire-Kanal, der Gloucester-Leominster-Kanal, der Coventry-Kanal, der Thames-Severn-Kanal u. a. m.

In Frankreich sind viel früher, als in England, schiffbare Kanäle ausgeführt. Der Kanal du Midi, der die Garonne mit den Flüssen Aube, Orb und Hérault verbindet, die sich sämmtlich in das Mittelländische Meer ergießen, wurde schon in den Jahren 1668 bis 1684 erbaut. Er hat eine Länge von 32 deutschen Meilen und 99 Schleusen, die ein Gefälle von 803 rh. Fuß überwinden.

Die Rhone ist mit der Loire durch den Kanal du Centre, mit der Seine durch den Kanal von Bourgogne und mit dem Rhein durch den Rhone-Rhein-Kanal verbunden. Der Kanal du Centre erstreckt sich von Digoin an der Loire bis Châlons an der Saône, hat eine Länge von 15½ Meilen und sein Gefälle, das im Ganzen 666 rh. Fuß mißt, ist auf 81 Schleusen vertheilt. Der Kanal von Bourgogne beginnt bei La Roche an der Yonne und endet bei St. Jean de Losne an der Saône. Er ist 32 Meilen lang und hat im Ganzen ein Gefälle von 1593 Fuß und 191 Schleusen. Der Rhone-Rhein-Kanal, schon unter Napoleon I. entworfen, kam erst später unter Louis Philipp zur Ausführung. Er beginnt ohnfern der Mündung des Kanals von Bourgogne bei St. Symphorien an der Saône, verfolgt den nicht schiffbaren Doubs, in dessen Bett er zum Theil verlegt ist, und tritt hierauf in das Illthal und nach Straßburg. Seine Länge beträgt 43 Meilen, das Gefälle ist 1191 Fuß und wird mit 172 Schleusen überwunden. Bei Hüningen steht der Kanal mittelst eines Seitenkanals mit dem Ober-

rhein in Verbindung. Unterhalb seiner Mündung bei Straßburg ist die Ill bis zum Rheine kanalisirt.

Andere größere Kanäle in Frankreich sind noch folgende:

Der Kanal von Nivernais, der Kanal von Loing, der Kanal von Orleans, der Kanal von Briare, der Kanal Crozat, der Kanal St. Quentin, der Ourcq-Kanal, der Kanal St. Denis u. a. m.

Belgien hat gleichfalls eine große Anzahl Schifffahrtskanäle, von denen einige schon aus dem 13. Jahrhundert herrühren. Diese sind indessen, ähnlich den meisten Niederländischen Kanälen, in den Marschen gelegen und stellen nur Verbindungen von lokalem Interesse dar. Wichtig sind jedoch die Kanäle in der Nähe der Nordseeküste, welche sich im Anschlusse an Calais und Dünkirchen über Turnes, Nieuport, Ostende und Brügge bis nach Sluykens, das schon zum Königreich der Niederlande gehört, hinziehen. Sie stehen mit der Schelde bei Gent in schiffbarer Verbindung, und von hier führt ein anderer Kanal nach Terneuzen an der weiten Mündung der Wester-Schelde. Eine andere wichtige Anlage ist der Kanal, der von Mastricht bis Herzogenbusch führt, der daher eigentlich ein Seitenkanal der Maas ist.

Im Königreich der **Niederlande** gibt es verhältnißmäßig die meisten Schifffahrts-Kanäle. Sie liegen großentheils in der weit ausgedehnten Niederung, welche von den vielfach verzweigten Mündungen des Rheins, der Maas und Schelde sich gebildet hat, und sind zum Theil nichts anderes als Entwässerungsgräben, die man schon zur Trockenlegung der eingedeichten Niederungen ausführen mußte. Zwei Kanäle, welche ihrer großen Dimensionen wegen erwähnt zu werden verdienen, sind der Nordholländische Kanal und der Kanal von Voorne.

In den vereinigten Staaten von **Nordamerika** sind im Laufe dieses Jahrhunderts Kanäle von solcher Ausdehnung und mit Ueberwindung so großer Terrainschwierigkeiten entstanden, daß sie in beiden Beziehungen alle Anlagen dieser Art in Europa zu übertreffen scheinen.

Im Staate Massachusetts wurde schon im Jahre 1808 der Middlesex-Kanal beendigt, der bei Chelmsford am Merrimack beginnt und nach dem Hafen von Boston führt. Er ist 6½ Meilen lang, 3 Fuß tief und sein Gefälle von 132 Fuß ist auf 20 Schleusen vertheilt.

Im Staate New-York sind viele sehr wichtige Kanäle ausgeführt, der größte derselben ist der Erie-Kanal, welcher im Jahr 1825 beendigt war. Er beginnt bei Albany am schiffbaren Hudson, verfolgt den Mohawk, einen Nebenfluß des Hudson, übersteigt denselben, sowie die sämmtlichen südlichen Zuflüsse des Ontario-See's in Brück-Kanälen. In der Nähe von Lockport erhebt er sich über den Erie-See und mündet in denselben bei Buffalo. Er ist 76½ Meilen lang und 4 Fuß tief. Das Gefälle von 671 Fuß ist auf 84 Schleusen vertheilt.

Andere noch wichtige Kanäle in diesem Staate sind der Champlain-Kanal, der Blak-River-Kanal, der Cayuga-Seneca-Kanal, der Utica-Oswega-Kanal, der Delaware-Hudson-Kanal u. a. m.

Im Staate New-Jersey ist vor Allem der New-York-Philadelphia-Kanal zu erwähnen; er geht vom Delaware aus, übersteigt bei Trenton die Wasserscheide

und mündet bei New-Brunswik in den Raritan, der sich mit dem Hudson verbindet. Er ist 9 Meilen lang, 7 Fuß tief und sein Gefälle von 113 Fuß vertheilt sich auf 14 Schleusen.

Sehr interessant ist der Morris-Kanal mit seinen geneigten Ebenen. Er beginnt bei Jersey-City, New-York gegenüber, übersteigt die hohe Wasserscheide zwischen Hudson und Delaware und mündet in den letztern bei Philippsburg.

Im Staate Pennsylvanien besteht ein großartiges Kanalsystem, welches namentlich den Ohio, und durch diesen den Mississippi mit den östlichen Strömen verbindet. Außerdem sind die Kanalisirungen des Shuylkill- und des Lehigh-Stromes sehr wichtige Unternehmungen. Bei dem letztern kommen Schleusen von 30 Fuß Fallhöhe vor.

Im Staate Delaware ist nur der Chesapeake-Delaware-Kanal zu erwähnen. Seine Länge ist 3 Meilen, seine Tiefe 10 Fuß. Er hat 4 Schleusen von 22 Fuß Weite. Im Staate Illinois ist in neuerer Zeit eine sehr wichtige Schifffahrtsverbindung durch den Illinois-Michigan-Kanal eröffnet. Dieser Kanal, für Dampfschiffe bestimmt, ist 6 Fuß tief, steigt mittelst 2 Schleusen auf die wenig erhabene Ebene, welche die Wasserscheide des Mississippi bildet, und verfolgt alsdann den Illinois-Fluß bis unterhalb Ottawa, wo derselbe für Dampfschiffe fahrbar wird.

Weniger großartige Kanalverbindungen als in England, Frankreich und den vereinigten Staaten hat man in Deutschland. Eine der wichtigsten Kanalanlagen, die aber, wie es scheint, nie vollendet wurde, oder doch sehr bald in Verfall gerieth, war der im Jahre 1626 begonnene Verbindungskanal der Maas und des Rheins. Er fängt bei dem Städtchen Rheinberg an, zieht sich bei Geldern und ohnfern Walbeck vorbei, und endet bei Arssen an der Maas, etwa 1 ½ Meilen unterhalb Venlo. Ein anderer Kanal, der gleichfalls die Maas mit dem Rhein verbinden sollte, ist zwar begonnen, aber nicht beendigt. Nur eine kurze Strecke wird zum Kohlentransport benutzt, obwohl sie mit keinem schiffbaren Strom in Verbindung steht. Er mündet in die Maas bei Venlo und in den Rhein bei Grimlinghausen ohnfern Neuß.

Ein anderer Kanal, der gleichfalls nie vollendet, aber doch bis vor wenig Jahren benutzt wurde, ist der Münstersche Kanal. Der Fürst Clemens August zu Münster ließ im Jahre 1723 die Voruntersuchungen zur Führung eines Kanals von Paderborn über Münster nach der Vechte anstellen. Von der Ausdehnung bis Paderborn wurde bald abstrahirt, doch wurde schon im folgenden Jahr die Ausgrabung der Strecke unterhalb Münster begonnen und auf 4 Meilen ausgeführt, eine Schleuse und mehrere Aquaducte gebaut. Im Jahre 1767 wurde der Kanal unter dem Fürst Max August noch um ¾ Meilen fortgesetzt, ohne daß er jedoch seinen Endpunkt erreicht hätte, und in diesem Zustande ist er auch stets geblieben, indem die zur Speisung des Kanals nöthige Wassermenge nicht vorhanden war und endlich im Jahr 1844 noch ein Durchlaß einbrach, wodurch sich die ganze obere Kanalstrecke entleerte und in Folge dessen die Dossirungen einstürzten, deren Wiederherstellung einen zu großen Aufwand verursacht haben würden.

Einer der wichtigsten Kanäle in Deutschland ist der Schleswig-Holsteinsche Kanal, der die Ostsee mit der Nordsee verbindet und solche Dimensionen hat,

daß er von kleinen Seeschiffen befahren werden kann. Er beginnt im Kieler Fiörd, steigt in 3 Schleusen 25 Fuß rhein. bis zur Wasserscheide hinauf, wird in der etwa 2 Meilen langen Scheitelstrecke durch den Flemhuder-See gespeist, der mit dem größern Westen-See in unmittelbarer Verbindung steht, und senkt sich auf der westlichen Seite etwa 20 Fuß tief bis zur Eyder in der Nähe von Rendsburg. Der Kanal wurde 1777 begonnen, 1782 war er in den Haupttheilen fertig und 1785 wurde er bereits befahren.

Im mittlern Deutschland sind mehrere Schifffahrts-Anlagen zu erwähnen, die an einigen Nebenflüssen des Rheins unternommen wurden. Die Lippe ist in den Jahren 1818 bis 1830 durch Erbauung von 12 Schleusen und in den Zwischenstrecken durch ausgedehnte Regulirungsstrecken schiffbar gemacht worden. Man hat die letztern Anlagen bis zum Städtchen Neuhaus, eine Stunde von Paderborn, ausgedehnt, woselbst die Alme sich in die Lippe ergießt.

Noch wichtiger als die Schiffbarmachung der Lippe ist die der Ruhr. Die Schifffahrt derselben beschränkt sich beinahe ausschließlich auf den Kohlentransport, indem sie den natürlichen Abfuhrweg des Ertrags der reichen Zechen von Witten bis gegen Mülheim nach dem Rheine bildet.

Auch die Lahn, welche in ihrem ganzen Charakter mit der Ruhr einige Aehnlichkeit hat, ist seit dem Jahre 1842 bis Gießen schiffbar gemacht und es sind bereits so viele Schleusen erbaut, daß die Schiffe bis Wetzlar heraufgehen.

Im Jahr 1778 wurde ein kleiner Schifffahrtskanal vollendet, der die Stadt Frankenthal in der Pfalz mit dem Rhein verbindet. Er ist nur etwas über eine halbe Meile lang, hat aber sieben Schiffsschleusen von solchen Dimensionen, daß die kleinern Schiffe des Oberrheins ihn befahren können.

Von besonderer Wichtigkeit ist der in neuerer Zeit ausgeführte Donau-Main-Kanal, der die Regnitz, einen Nebenfluß des Mains, mit der Altmühl, also den Rhein mit der Donau verbindet. Schon Karl der Große soll im achten Jahrhunderte eine ähnliche Verbindung durch die Fossa Carolina, die man neben dem Dorfe Graben in der Gegend von Anspach noch heute sieht, dargestellt haben. Pechman, der Erbauer des Donau-Main-Kanals, wählte aber eine andere Linie, die die Länge des Kanals von $\frac{1}{4}$ auf $18\frac{3}{4}$ Meilen vergrößerte, aber eine geringere Erhebung der Scheitelstrecke bedingte. Mit Einschluß der beiden durch Schleusen-Anlagen schiffbar gemachten Flußstrecken vom Krahne in Bamberg bis zur Donau bei Kelheim beträgt die Länge des ganzen Schifffahrtsweges 23 Meilen. Es liegen darin 91 Schleusen, und das Gefälle im nördlichen Abhange beträgt 630, im südlichen dagegen 273 Fuß. Der Kanal ist in der Sohle 34 Fuß breit und hält 5 Fuß Wasser.

Von Flüssen, welche durch Schleusen schiffbar gemacht wurden, sind noch zu erwähnen: die Saale, die Havel und die Spree, welch letztere theils als Schifffahrtsweg nach Berlin, theils aber auch wegen ihrer Verbindung mit der obern Oder von großer Wichtigkeit ist, wozu noch kommt, daß sie an sich schon mit ausgedehnten See'n und andern schiffbaren Flüssen verbunden war und mehrere kleinere Kanäle sich auch an sie anschließen.

In den Jahren 1662 bis 1668 wurde die Spree mit der Oder durch den Friedrich-Wilhelm-Kanal verbunden. Derselbe geht etwa 10 Meilen ober-

halb Berlin aus der Spree und mündet ohnfern Brioskow in einen alten Arm der Oder, der bei Lossow, etwa eine Meile oberhalb Frankfurt, sich herabzieht und hier in den Hauptarm der Oder fällt.

Das wichtige Kanalnetz zwischen der Elbe und Oder setzt sich auch weiter ostwärts fort. Bei Küstrin mündet in die Oder die schiffbare Warthe, in welche sich oberhalb Landsberg die Netze ergießt. Letztere ist bis Nackel schiffbar und hier beginnt der Bromberger-Kanal, der sie mit der Brahe und Weichsel verbindet.

Auf der Weichsel selbst ist bisher wenig zur Erleichterung der Schifffahrt geschehen, und dieser Strom, der nach der Ausdehnung seines Gebiets dem Rheine nicht nachsteht, zur Zeit der Anschwellungen aber wahrscheinlich mehr Wasser als der Rhein abführt, kann (wegen Mangel an Fahrtiefe) bei anhaltender Dürre nicht mit Schiffen befahren werden. Nur bei den größern Wasserständen zeigt sich ein ziemlich lebhafter Schifffahrtsverkehr.

Nach dieser kurzen Beschreibung der hauptsächlichsten Kanalisirungen Europas wenden wir uns an

§. 58.

Die Vergleichung der Kanäle mit Eisenbahnen.

Wenn es nicht geläugnet werden kann, daß die Kanalschifffahrt und die ganze Binnenschifffahrt nicht mehr diejenige Wichtigkeit hat, als vormals, wo noch keine Eisenbahnen bestunden, so kann nicht angenommen werden, daß dieser Theil des Wasserbaues seine frühere Bedeutung ganz verloren habe; denn wenn selbst der ganze Binnenverkehr auf die Eisenbahnen übergeht, so verliert die Seeschifffahrt dadurch keineswegs an Bedeutung, und auch sie bedarf der Kanäle, um theils aus einem Meere nach einem andern bequeme und sichere Uebergänge zu finden, theils aber auch zur Verbindung entlegener Seehäfen mit den Haupthandelsplätzen. Der Kanal von Voorne, der den großen Seeschiffen einen Weg bis Rotterdam eröffnet, kann durch keine Eisenbahn ersetzt werden, und ebenso wenig würde eine solche auch nur entfernt dem großen Handel die Vortheile eines Kanales durch die Landengen von Panama oder von Suez bieten, wodurch die größten Kauffartheischiffe ohne Umweg aus dem Atlantischen in den Stillen Ocean und aus dem Mittelländischen in das Rothe Meer übergehen könnten.

Ein Aufgeben aller Kanäle steht also um so weniger zu erwarten, als dieselben für den Güterverkehr gegen die Eisenbahnen den Vortheil haben, daß die Frachten geringer sind, was denn auch Ursache ist, daß ein Kanal neben der Eisenbahn hinziehen kann, und beide Communicationen sich vollkommen rentiren.

Ein näherer Vergleich zwischen Eisenbahnen und Kanälen wird dieses Verhältniß erklären. Wenn eine Eisenbahn in ganz ebenem Terrain auch weniger Erdarbeiten als ein Kanal nöthig macht, so stellt sich dennoch schon bei mäßigen Unebenheiten das Gegentheil heraus, indem der Kanal ohne Nachtheil scharfe Krümmungen von 60 Meter Radius machen kann. In sehr gebirgigem Terrain wird aus diesem Grunde der Kanal vergleichungsweise viel wohlfeiler, wenn er auch mit einer großen Anzahl Schleusen versehen werden muß. Dazu tritt nun noch der weitere Umstand, daß die Unterhaltung eines Kanals viel wohlfeiler

ist als die einer Eisenbahn. Auch die Kosten des Betriebs stellen sich bei einer Eisenbahn höher, und würden sich sehr bedeutend herausstellen, wenn man dieselbe Zugkraft wie bei den Kanälen anwenden wollte, denn dieselbe Last, welche ein Pferd auf einem nicht zu engen Kanal zieht, erfordert 6 Pferde auf einer horizontalen Eisenbahn. Statt der Pferde benützt man allerdings die Locomotiven, die zwar weit größere Lasten mit größerer Geschwindigkeit ziehen, die aber nach allen bisherigen Erfahrungen dennoch die Transportkosten eines Zugs für die Meile so viel höher stellen, daß selbst bei noch weiterer Vervollkommnung der Eisenbahnen eine Gleichstellung nicht denkbar ist.

Bei schiffbaren Strömen findet nahezu dasselbe Verhältniß statt.

Noch ein anderer Umstand spricht bei Transporten schwerer Güter zum Vortheil der Kanäle und Ströme. Dieselben sind nämlich wirkliche öffentliche Straßen, die ein Jeder mit eigenen Fahrzeugen, und so weit die polizeilichen Vorschriften dieß gestatten, ganz beliebig benützen kann. Das Schiff kann dabei aus einer Wasserstraße in die andere gehen, ohne daß die Güter einer Umladung bedürfen. Nicht so ist es bei den Eisenbahnen, hier können nur an bestimmten Orten Güter aufgenommen und abgesetzt werden, und wenn in neuerer Zeit auch durch unmittelbare Verbindung der verschiedenen Bahnen dafür gesorgt ist, daß die beladenen Güterwagen von der einen zur andern übergehen, so tritt doch in der Zurücksendung der Wagen, die andern Bahnen angehören, manche den Betrieb erschwerende Verzögerung ein, welche oft große Verlegenheiten verursacht.

Dagegen haben die Eisenbahnen vor den Kanälen den großen Vorzug, daß die Förderung viel schneller und regelmäßiger als auf letztern erfolgt. Unterbrechungen, wie auf diesen im Winter und Frühjahr wegen Eis und Hochwasser eintreten, kommen dort nicht vor. Daher gehen alle Güter, die schnell befördert werden sollen, sogleich auf die Eisenbahnen über, und es sind dieß gewöhnlich werthvollere Gegenstände von kleinem Volumen, welche den Frachtaufschlag ohne Nachtheil tragen können; die schweren Güter, als: Feldfrüchte, Holz, Kohlen, Steine, Erze u. s. f. werden auch ferner auf den Schiffen bleiben, und es wird somit auch der Kanalbau für den allgemeinen Binnenverkehr wie bisher seine Bedeutung behalten.

Für den Personenverkehr hat man die Kanäle nur äußerst selten benützt; für diesen sind die Eisenbahnen ganz entschieden im Vorzug.

§. 59.

Wasserbedarf der Kanäle.

Wenn ein Kanal über eine Wasserscheide geführt werden soll, wo nur mäßige Quellen zu seiner Speisung benützt werden können, ist es dringend nöthig, sich schon vorher davon zu überzeugen, daß diese zur Erhaltung des erforderlichen Wasserstandes wirklich genügen. Sollte dieses bei dem den sonstigen Terrainverhältnissen am meisten entsprechenden Entwurfe nicht der Fall sein, so muß eine andere Kanallinie aufgesucht werden, wodurch diesem wichtigsten Bedürfnisse sicher entsprochen wird.

Um sich die Ueberzeugung zu verschaffen, daß einem Wassermangel vollständig vorgebeugt sei, muß man das Bedürfniß kennen, und es entsteht daher zunächst die Frage, welche Wassermenge einem Kanal zugeführt werden muß, damit er stets hinreichend gefüllt bleibe.

Der Wasserverlust wird veranlaßt:

1) durch die Verdunstung;
2) durch Filtration;
3) durch den unvollkommenen Schluß der Schleusenthore;
4) durch die Schifffahrt selbst.

Der Wasserverlust durch Verdunstung darf nicht in der Art berechnet werden, daß man die ganze Oberfläche des Kanalwasserspiegels mit der Differenz aus der jährlichen Verdunstung und der jährlichen Regenmenge multiplicirt, er muß vielmehr nach demjenigen Bedarf bestimmt werden, der während des Sommers und namentlich während der größten Dürre eintritt. Nach Hagen verdunsten bei trockener Luft und großer Hitze täglich oder in 24 Stunden 2 pr. Linien oder 0·00435 Mtr. Ist daher die Länge der zu speisenden Kanalstrecke $= L$, die Breite des Wasserspiegels $= B$, so ist der Verlust durch Verdunstung in 24 Stunden $= LB \,.\, 0{\cdot}00435$ Kbkm. Viel beträchtlicher ist der Verlust durch Filtration, deren Wirksamkeit jedoch in so hohem Grade durch äußere Verhältnisse bedingt wird, daß ihr Werth auch nicht entfernt mit einiger Sicherheit angegeben werden kann.

Die Filtration ist hauptsächlich abhängig von der Höhendifferenz zwischen dem Wasserspiegel des Kanals und dem des Grundwassers und von der Beschaffenheit des Bodens, denn je höher das Wasser über dem angrenzenden Terrain liegt, desto größer ist der Druck, mit welchem es durch den Boden getrieben wird; ferner je mehr freie Zwischenräume in dem Boden des Kanals vorhanden sind, um so größer ist unter sonst gleichen Verhältnissen der Wasserverlust. In festem Thonboden ist letzterer sehr unbedeutend, je mehr Sand aber beigemischt ist, um so leichter bringt das Wasser hindurch, und in reinem Sande ist die Filtration schon sehr bedeutend und wird am stärksten in grobem Sande oder im Kies und klüftigem Gestein. Minard nimmt für guten Boden einen Verlust von 0·05 Mtr. in 24 Stunden an, dieß gäbe für die Länge des Kanals $= L$ und die Breite des Wasserspiegels $= B$, eine Wassermenge $= LB \,.\, 0{\cdot}05$ Kbkmtr. Für Sandboden nehmen die französischen Ingenieure, auf Erfahrungen gestützt, den Verlust in 240 Tagen gleich dem doppelten Raumesinhalt des Kanals; dieß gäbe, wenn L die Länge der Kanalstrecke und J der Inhalt des Kanalquerschnitts, für 24 Stunden $\frac{2LJ}{240}$ Kbkmtr.

Woltman nimmt, auf die Beobachtungen am Kanal du Midi gestützt, diesen Wasserverlust gleich fünfmal demjenigen durch Verdunstung; dieß wäre nur $LB \,.\, 0{\cdot}021$ Kbkmtr., was offenbar einen sehr guten Thonboden voraussetzt.

Von der Filtration rührt auch der sehr starke Wasserverlust her, der in neuen Kanälen bei der ersten Füllung eintritt. Man darf wohl die Wassermenge zur ersten Füllung gleich 1½ bis 2mal dem Rauminhalt des Kanals gleich setzen. Der Verlust durch Filtration zeigt sich nicht allein in dem eigentlichen Kanale,

sondern auch in den Speisekanälen, welche dem Kanale Wasser zuführen; auch diese bringen nicht diejenige Wassermasse in den Kanal, welche sie empfangen, und man wird in dieser Hinsicht immer gut thun, geringere Wassermassen möglichst rasch in den Kanal fließen zu lassen, das heißt den Speisekanälen ein möglichst großes Gefälle zu geben.

Der Verlust durch den unvollkommenen Schluß der Schleusenthore ist mehr oder minder beträchtlich, je nach der Ausführung und Construction der Thore. Was eine Haltung verliert, gewinnt die andere und wenn alle Thore gleich viel durchlassen, so findet ein beständiges Abfließen des Wassers aus dem Theilungspunkt statt. Nach Minard beträgt dieser Verlust bei sorgfältiger Ausführung der Thore 300 Kbkmtr. in 24 Stunden. Hagen dagegen gibt $^1/_4$ Kubikfuß in der Secunde oder in 24 Stunden 665 Kbkmtr., also mehr als das Doppelte.

Am meisten Wasser erfordert das Aufsteigen und Herabgehen der Schiffe oder das Durchschleusen derselben.

Soll ein Schiff aufsteigen, so fährt man es in die Kammer und schließt die Unterthore; nun öffnet man die Ziehschützen der Oberthore und läßt das Oberwasser in die Kammer treten; sind die Wasserspiegel gleich hoch, so öffnet man die Oberthore und läßt das Schiff in die obere Haltung einfahren.

Bedeutet:

V das Füllungsprisma oder die Wassermenge in der Kammer zwischen Ober- und Unterwasserspiegel;

v das Volumen Wasser, welches von dem Schiffe verdrängt wird;

B das Volumen Wasser, welches in der Kammer ist, bevor das Schiff eintritt; so ist das Volumen Wasser in der Kammer nach dem Schluß der Unterthore $B - v$.

Nachdem das Schiff herausgefahren ist, enthält die Kammer eine Wassermenge $B + V$, daher ist in die Kammer eingetreten $B + V - B + v = V + v$.

Derselbe Verlust tritt auch ein, wenn dem aufsteigenden Schiff ein anderes vorangegangen ist und somit die Schleuse schon gefüllt war. Wenn dagegen das Schiff den Kanal herabgeht, während wieder ein anderes in derselben Richtung ihm vorangegangen ist, so stellt sich das Resultat anders heraus. Ehe das Schiff in die Kammer eintreten kann, muß sie gefüllt werden und es wird also dem Oberwasser die Masse V entzogen. Sobald jedoch das Schiff in die Schleuse eintritt, wird von diesem wieder das Volumen v zurückgedrängt und es ist daher der Verlust aus der obern Haltung nur $V - v$.

Die beim Auf- und Abgehen eines Schiffes hindurchgelassene Wassermenge ist daher $V + v + V - v = 2V$.

Wenn die Schiffe abwechselnd in einer und der andern Richtung durch die Schleuse gehen, so stellt sich das Resultat günstiger. Ein Schiff sei z. B. herabgekommen und ein anderes gehe aufwärts, so kann letzteres ohne Weiteres in die Kammer eintreten. Indem dieses geschieht, drängt es die Masse v heraus, darauf wird die Kammer gefüllt und sobald das Schiff herausfährt, drängt es in gleicher Weise noch die Masse v aus dem Oberwasser in die Kammer, das Oberwasser hat daher wieder $V + v$ verloren, aber das Unterwasser nur v gewonnen. Das nächste

Schiff, welches nun herabgeht, findet die Schleuse gefüllt und drängt beim Hineinfahren in dieselbe die Masse v zurück, so daß das Oberwasser statt einen Verlust zu erleiden, sogar um die Masse v vermehrt wird. Das Unterwasser gewinnt dagegen beim Entleeren der Kammer die Füllmasse, woran aber beim Austreten des Schiffes wieder ein Theil, nämlich v in die Kammer zurückgedrängt wird. Beim Herabschleusen hat daher das Oberwasser — v verloren und das Unterwasser V — v gewonnen. Für beide in entgegengesetzten Richtungen erfolgte Durchgänge des Schiffes wird der Verlust des Oberwassers wieder dem Gewinn des Unterwassers gleich, nämlich $V + v - v = V$.

Hieraus ist ersichtlich, wie vortheilhaft es ist, die Schiffe abwechselnd aus dem Ober- und dem Unterwasser in die Schleuse treten zu lassen.

Wenn die Schiffe die Theilungshaltung durchfahren, so ist der Wasserverlust beim Aufsteigen $V + v$, beim Herabgehen dagegen $V - v$, der ganze Verlust beträgt daher $2V$.

Wenn alle Schiffe leer hinauf und beladen wieder heruntergehen, wie dieß zuweilen vorkommt, wenn der Kanal zum Transporte der Producte des Bergbaues dient, so ist der Fall möglich, daß der Verlust aus der obersten Haltung gleich Null wird. Bedeutet

v' die durch das Schiff verdrängte Wassermasse beim Herabgehen, so ist der Verlust beim Aufsteigen nach dem Obigen $V + v$, beim Herabgehen dagegen $V - v'$; folglich der ganze Verlust $V + v + V - v' = 2V + v - v'$.

Ist nun $v' = 2V + v$, so ist der Verlust $= 0$.

Dieß kann aber nur stattfinden, wenn V sehr klein ist, denn nimmt man an, der Kanal habe Schleusen von 35 Mtr. Länge und 5·2 Mtr. Breite und die Schiffe haben 32 Mtr. Länge und 5 Mtr. Breite und ziehen beim Aufsteigen 0·3 Mtr., beim Absteigen 1·2 Mtr. Wasser, so findet man, daß der Wasserverlust $= 0$ wird, wenn die Fallhöhe der Schleusen $= 0·4$ Mtr. beträgt. Gewöhnlich macht man aber diese Fallhöhe 7 bis 8mal größer, wodurch eine bedeutende Ersparniß eintritt, indem sich die Anzahl der Schleusen vermindert.

Liegen mehrere Schleusen hintereinander, die gleiche Fallhöhe haben und auf gleiche Weise benützt werden, so ist der Wasserbedarf der einen eben so groß wie der der andern und die Speisehaltung darf nur so viel liefern, wie jede einzelne verbraucht. Hiernach läßt sich leicht der Wasserbedarf finden, der zur Speisung eines Kanals mit Theilungspunkt erforderlich ist. Gehen z. B. n Schiffe in gleicher Richtung durch die Theilungshaltung, so verliert dieselbe eine Wassermasse $= n(V + v) + n(V - v) = 2nV$.

Gehen die Schiffe aber abwechsend nach entgegengesetzter Richtung, so ist der Wasserverlust nur nV.

Aus diesen Betrachtungen geht auch hervor, daß wenn die Schiffe in entgegengesetzter Richtung fahren, die Kanalstrecken nicht denselben Wasserstand behalten, ihr Inhalt vielmehr bald durch eine Füllmasse vergrößert und bald um ebenso viel vermindert wird.

Bei längern Strecken ist dieser Umstand ohne Bedeutung, doch kann er von Wichtigkeit sein, wenn die Strecke nur kurz ist, insoferne nämlich das Wasser in

nachtheiliger Weise ansteigt oder die zur Schifffahrt erforderliche Tiefe verliert. Die kürzeste Länge einer Kanalhaltung läßt sich immer leicht berechnen. Angenommen der Kanal sei im Wasserspiegel 18 Mtr. breit, die Schleusenkammern dagegen 40 Mtr. lang, 5 Mtr. breit und das Gefälle einer Schleuse 2·4 Mtr., so ist ein Füllungsprisma 480 Kbkmtr. Wenn dieses aber den Wasserspiegel nicht mehr als etwa 0·06 Mtr. senken oder heben soll, so muß die Länge mindestens = 444 Meter betragen. Fällt das Terrain so stark, daß man die einzelnen Kanalhaltungen nicht so lang machen kann, so läßt sich auch durch Verbreiterung des Kanals dieselbe Bedingung erreichen. Man darf nämlich nur die Breite in demselben Verhältniß wachsen lassen, wie die Länge der Strecke sich verkürzt.

Sehr bedeutenden Einfluß auf den Wasserbedarf haben die gekuppelten Schleusen, wobei nämlich mehrere Kammern aufeinander folgen, ohne zwischen sich eine Kanalhaltung zu haben. Wenn die Schiffe nach der gleichen Richtung gehen, so ist allerdings der Wasserverlust aus der Theilungshaltung unabhängig von der Anzahl der gekuppelten Schleusen = 2V.

Wenn aber die Schiffe abwechselnd in entgegengesetzter Richtung durch den Kanal fahren, so findet jedes Schiff die Schleuse in dem Zustande, daß es sogleich hineingezogen werden kann. Zur Durchschleusung eines Schiffes durch eine gekuppelte Schleuse erfordert daher ein aufsteigendes Schiff ebenso viel Füllungsprismen, als die Schleuse einzelne Kammern hat. Die obere Kanalstrecke kann diesen Verlust aber nicht tragen, wenn er nicht durch verstärkten Zufluß ersetzt wird, weil derselbe Verlust bei jedem Aufsteigen eines Schiffes unter denselben Verhältnissen sich immer wiederholt.

Beim Herabgehen findet das Schiff alle Kammern gefüllt, daher ist kein Zufluß aus der Scheitelstrecke erforderlich; es ergießen sich aber große Wassermassen in die untern Kanalstrecken, welche von den daselbst befindlichen einfachen Schleusen nicht verbraucht werden, die man folglich durch die Schützen ablassen muß, um die Strecken zu entlasten.

Gekuppelte Schleusen sollten aus diesen Gründen nur in den äußersten Fällen zur Anwendung kommen.

Aus dem Obigen dürfte sich nun die Größe des ganzen Wasserbedarfs zur Zeit der größten Dürre ermitteln lassen. Die Scheitelstrecke muß entweder durch mehrere Bäche oder durch einen Graben, der aus einem Reservoir das Wasser erhält, gespeist werden. Dieser Zufluß versorgt zugleich die nächst anliegenden Kanalstrecken auf beiden Abhängen, bis man in größerer Tiefe noch andere Bäche und Quellen dem Kanal zuführen kann. Die Gesammtlänge derjenigen Strecken, die keinen Zufluß erhalten, als den in die Scheitelstrecke mündenden, betrage z. B. 30000 Mtr., der Kanal sei im Wasserspiegel 15 Mtr. breit, die Schleusenkammern seien 30 Mtr. lang, 5 Mtr. breit und hätten eine Fallhöhe von 2·4 Mtr. Endlich werde angenommen, daß an jedem Tage 20 Schiffe den Kanal passiren, die ebenso oft einander folgen, als sie sich vor einer Schleuse kreuzen, so ergibt sich der tägliche Wasserbedarf wie folgt:

1) Verlust durch Verdunstung 30000 . 15 . 0·00435 = . . 1957,5 Kbkmtr.
2) Verlust durch Filtration, wenn diese den Wasserstand täglich um 0·05 Mtr. vermindert, 30000 . 15 . 0·05 = ... 22500 „
3) Verlust durch den unvollkommenen Schluß der Thore 2.300 600 „
4) Der Bedarf zum Durchschleusen der Schiffe (2.10 . + 10) (30.5.2·4) . . . . 10800 „

Summa 35857,5 Kbkmtr.,

oder in jeder Secunde 0·415 Kbkmtr., welche in die Theilungshaltung zufließen müssen.

§. 60.

Aufsuchung der Richtungslinie eines Kanals.

Wenn zu einem neuen Kanal ein Entwurf gemacht werden soll, so sind die beiden Endpunkte desselben durch den Zweck der ganzen Anlage mehr oder weniger bestimmt vorgeschrieben. In solchen Fällen, wo man nur die Verbindung zweier Ströme in gewissen Gegenden beabsichtigt, können auch die Endpunkte angenommen werden, und es ist alsdann nur diejenige Linie aufzusuchen, welche die wenigsten Anlagekosten bedingt und die größte Sicherheit des Verkehrs verspricht.

Die verschiedenen Umstände, welche bei der Wahl der Linie berücksichtigt werden müssen, sind zum Theil bei allen Kanälen dieselben, mögen diese entweder nur auf kurze Strecken neben einem schiffbaren Flusse gezogen sein, um eine unfahrbare Stelle zu umgehen, oder mögen sie nach einem, vom Flusse entfernten, Handelsorte führen, wo sie Seitenkanäle bilden, die auf einer und derselben Abdachung des Flußgebiets liegen, oder aber die Verbindung zwischen zwei schiffbaren Flüssen darstellen, welche in verschiedenen Flußgebieten liegen, wo also eine Wasserscheide zu überschreiten ist und die Kanäle eine Theilungshaltung oder Scheitelstrecke erhalten. Der letzte Fall ist der wichtigste und lehrreichste, weßhalb er auch der folgenden Betrachtung zu Grunde gelegt werden soll.

Die Wahl der Kanallinie ist vorzugsweise von der Höhenlage des Terrains bedingt und steht sonach mit dem Längenprofil des Kanals in naher Verbindung. Indem man sich für eine gewisse, durch die horizontale Projection bezeichnete Linie entscheidet, so ist auch zugleich über das Längenprofil des Kanals, also über die Höhenlage der Theilungshaltung und über die Vertheilung der Schleusen und deren Gefälle ein bestimmter Entschluß gefaßt.

Jeder Kanal besteht aus einzelnen Kanalstrecken oder Haltungen, die mit stehendem Wasser gefüllt, horizontale Wasserflächen bilden und durch Kammerschleusen getrennt sind. Die höchste Kanalhaltung, die auf der Wasserscheide liegt und an welche sich die beiderseitigen Abhänge des Kanals anschließen, heißt die Scheitelstrecke, Theilungshaltung. Jede Kanalstrecke wird von der nächst oberhalb gelegenen mit Wasser versehen, wozu die Seitenzuflüsse oder Wasserfänge kommen, die hin und wieder zur Verstärkung der Speisung angebracht sind. Den unteren Haltungen des Kanals kann man gewöhnlich sehr leicht das erforderliche Wasser zuführen, aber die gehörige Speisung der Theilungshaltung

ist in den meisten Fällen der schwierigste Theil der ganzen Aufgabe und die Lage der Quellen und Bäche zur Seite der Wasserscheide hat den wesentlichsten Einfluß auf die Wahl der Linie.

Besteht die Wasserscheide aus einer sumpfigen Ebene, in der vielleicht noch See'n liegen, so ist die Linie, die sich zum Uebergang am meisten eignet, leicht zu finden. Man darf nur den höchsten Rücken der Wasserscheide durch ein Nivellement verfolgen und die tiefste Einsenkung darin aufsuchen. Hier finden sich die meisten Quellen und die Kanalzweige erfordern die geringste Anzahl von Schleusen. Sind die beiden Gebirgsabhänge durch einen hohen Gebirgskamm getrennt, so kann dasselbe Verfahren eingehalten werden, allein es wird sich häufig treffen, daß die Zuführung der nöthigen Wassermenge gar nicht möglich oder doch sehr schwierig ist und man zur Anlage von Reservoirs seine Zuflucht nehmen muß. Nicht in allen Fällen wird es aber das zweckmäßigste sein, den niedersten Punkt des Rückens zu wählen, besonders wenn derselbe für die Kanalzweige nicht günstig liegt und sich Schwierigkeiten mit der Herbeischaffung des Speisewassers ergeben, sondern man wird vielmehr viel besser thun, diejenige Stelle des Bergrückens zu suchen, wo derselbe die geringste Dicke hat, wo man also mit dem kürzesten Tunnel ihn durchschneiden kann. Die Scheitelstrecke liegt in diesem Falle gewöhnlich viel tiefer, als in einem Einschnitte eines Bergsattels und ist folglich auch ihre Speisung sicherer und vermindert sich die Anzahl der Schleusen in den beiderseitigen Abhängen. Bei der Aufsuchung des Uebergangspunktes hat man aber auch noch andere Rücksichten zu nehmen, nämlich die, daß die Seitenthäler für die beiderseitigen Kanalzweige geeignet sind, denn man ist gezwungen, beim Ansteigen eines Gebirges diese Seitenthäler zu verfolgen, weil sonst die Anlage eines Kanals wegen der Unebenheiten des Bodens zu schwierig und kostspielig, ja in den meisten Fällen gar nicht möglich wäre. Von der Wasserscheide ausgehend, kommt es darauf an, die geeignetsten Seitenthäler möglichst bald zu erreichen oder sie durch den Tunnel unmittelbar mit einander in Verbindung zu setzen. Hiernach eignen sich für den Uebergang besonders solche Stellen, wo auf beiden Seiten des Kammes Quellen liegen, deren Thäler senkrecht auf die Richtung des Gebirgszuges stehen.

In jedem Falle wird die Betrachtung einer Karte, welche die Bäche und Thäler eines Gebirges enthält, zu einem ungefähren Urtheil über die passendste Wahl der Uebergangsstelle führen und es bleibt alsdann nur eine genaue Untersuchung des Terrains nothwendig, der ein Hauptnivellement vorangehen muß. Nach einer Vergleichung der verschiedenen Kanallinien und definitiven Entscheidung hinsichtlich der allgemeinen Richtung, kann an die Aufnahme des Terrains geschritten werden und geschieht dieselbe am besten mit Horizontalkurven. Zu diesem Behufe steckt man die Punkte mehrerer Kurven mit dem Nivellir-
ument ab, und nimmt ihre Lage mit dem Meßtisch oder der Boussole auf. Es
n, in der Karte diese Horizontalkurven verschiedenartig zu bezeichnen,
instimmend auf den beiderseitigen Abhängen, damit man auf einen
agen richtig beurtheilen kann. Hierzu dienen am besten verschie-
Die Karte, welche in solcher Art bearbeitet ist, gewährt eine so

vollständige Uebersicht der Höhenverhältnisse, daß in dieser Beziehung nichts zu wünschen übrig bleibt. Es läßt sich daraus die Stelle für den Uebergang sehr bestimmt ermitteln und kann sowohl über die Höhe der Theilungshaltung als auch über die Einführung des Kanals in die Seitenthäler ein sicheres Urtheil gefällt werden. Zu scharfe Krümmungen dürfen in den Kanalzweigen natürlich nicht vorkommen und ist der kleinste zulässige Krümmungshalbmesser durch die Länge der Schiffe bedingt und beträgt gewöhnlich 200 Fuß oder 60 Meter. Auch die Ausdehnung der Scheitelstrecke läßt sich aus der Karte entnehmen. Man muß es aber vermeiden, den Kanal über die Oberfläche des natürlichen Bodens zu legen, weil alsdann die Filtrationen viel stärker werden, und hat besonders darauf zu achten, daß die Scheitelstrecke eine möglichst bedeutende Länge erhält, damit sie als Reservoir dienen kann, und die Wasserverluste bei dem ungleichmäßigen Durchschleusen der Schiffe einigermaßen ausgeglichen werden.

Von besonderer Wichtigkeit bleibt bei der Wahl der Uebergangsstelle über die Wasserscheide die disponible Menge des Speisewassers. Diese muß so groß sein, daß die Schifffahrt zur Zeit der größten Dürre keine Unterbrechung erleidet. Nach dem Frühern kann die nöthige Wassermenge ermittelt werden und es wird sich daher vor Allem darum handeln, die Wassermengen der vorhandenen Quellen und Bäche rc. zu bestimmen. Diese Bestimmung setzt häufige genaue Messungen voraus und erfordert auch die Aufnahme der Größe der Bachgebiete und der Culturarten in denselben, um daraus und der Menge des atmosphärischen Niederschlags auf die Wassermassen schließen zu können. Am besten ist es, wenn entweder ausgedehnte Sümpfe oder selbst See'n den Kanal speisen, weil solche ein Reservoir bilden, worin sich das Wasser der nassen Jahreszeit ansammelt und sonach die gleichmäßigste Speisung während des ganzen Jahres liefert.

Nicht immer darf jedoch ein Sumpf als sicheres Reservoir betrachtet werden, da derselbe entweder durch den Kanal selbst austrocknet oder vielleicht eine Urbarmachung zu erwarten ist.

Genügen die in der Umgebung der Scheitelstrecke liegenden Bäche nicht ganz zur Speisung, so müssen weiter entfernt gelegene Bäche durch kleine Kanäle herbeigeleitet werden, welche man Speisekanäle nennt. Je höher man diese Bäche abfängt, desto geringer wird zwar die Wassermenge sein, aber desto mehr Gefälle erhält der Speisekanal, was ihm insofern zu gut kommt, als weniger Wasser durch Filtration verloren geht.

Finden sich aber auch solche entferntere Bäche nicht vor, dann bleibt oft kein anderes Mittel, als einzelne höher gelegene Thäler abzuschließen und in Wasserreservoirs zu verwandeln. Diese sammeln das überflüssige Wasser im Frühjahr und bei heftigem Regen, die man alsdann zur Zeit des heißen Sommers dem Kanal zuleitet.

Nicht alle höher als die Scheitelstrecke gelegenen Seitenthäler eignen sich gleich gut zu den Reservoirs, vielmehr sind diejenigen am besten, welche sich an einer passenden Stelle stark verengen und somit keinen zu langen Abschlußdamm erfordern, welche ferner oberhalb dieser Verengung sich erweitern, damit eine große Wassermenge aufgefangen werden kann, welche endlich auch die reichsten Quellen

und Zuflüsse haben und sich auch für die Ausführung des Abschlußdammes am besten eignen.

Sollte sich keine Uebergangsstelle über die Wasserscheide finden, wobei die erwähnten Mittel zur Beschaffung des nöthigen Wasserbedarfs genügen, während die Ausführung des Kanals unbedingt geboten wäre, so müßte man zu den geneigten Ebenen seine Zuflucht nehmen, oder wie auf einigen amerikanischen Kanälen den Uebergang über einen hohen Kamm durch eine Eisenbahn vermitteln.

Bei der Beurtheilung des geeignetsten Ueberganges über die Wasserscheide ist auch eine geognostische Untersuchung des Bodens erforderlich, um die Schwierigkeiten der Ausführung des Einschnitts oder Tunnels kennen zu lernen, vorzüglich aber auch, um besonders starke Filtrationen zu vermeiden, die bei manchen Gebirgsarten, z. B. klüftigen Gebirgen einiger Kalksteinarten eintreten.

Am besten ist es in dieser Hinsicht, längs der Kanalmittellinie eine größere Anzahl Bohrversuche zu machen.

Hat man endlich die Scheitelstrecke festgelegt, so schreite man an die Aufsuchung der Traçen für die Kanalzweige, der vor Allem eine genaue Aufnahme des Terrains und ein Längen-Nivellement vorangehen muß.

Nach Beendigung dieser Vorarbeiten kommt es darauf an, die Schleusen festzulegen. Dabei wird man aber immer zu bestimmen haben, welches die Fallhöhe einer Schleuse sein soll, denn ist erst diese bekannt, so ergibt sich die Lage derselben von selbst. Die Fallhöhe einer Kammerschleuse wechselt von 2·0 — 3 Mtr. und es wird sich die Bestimmung derselben lediglich nach dem Wasserzufluß richten müssen; ist dieser letztere gering, so erscheint es auch angemessen, nur eine Fallhöhe von höchstens 2 Mtr. anzunehmen und dieselbe erst dann zu vergrößern, wenn weitere Bäche in den Kanal einmünden.

Eine zu kleine Fallhöhe würde die Anzahl der Schleusen zu sehr vergrößern und somit den Bau vertheuern und die Schifffahrt verzögern.

Gewöhnlich ist es Regel, die Fallhöhen der Schleusen so lange gleich anzunehmen, bis der Kanal einen neuen Zufluß erhält. Dieß erscheint jedoch deßhalb nicht gerechtfertigt, weil die Füllmassen nicht bei allen Schleusen die gleichen bleiben, sondern sich nach und nach durch Verdunstung und Filtration vermindern, somit die Füllmasse der obersten Schleuse nicht mehr für die Durchschleusungen an den untern Schleusen genügt.

Weit zweckmäßiger dürfte es in dieser Beziehung sein, die oberste Schleuse mit dem größten Falle zu versehen und denselben nach Maßgabe der Verdunstung und Filtration in den folgenden Schleusen abnehmen zu lassen.

Sind die Fallhöhen der Schleusen festgesetzt, so ergeben sich nach dem bekannten Gefälle des Terrains die Längen der einzelnen Kanalhaltungen.

Diese Haltungen sind horizontal und bilden somit Theile von Horizontal-Kurven, deren Höhenabstand der Fallhöhe der Schleusen entspricht. Zwischen je 2 Horizontal-Kurven kommt eine Schleuse zu liegen, und es ist die Lage derselben so zu wählen, daß ihre Erbauung, hauptsächlich ihre Gründung, am wenigsten Kosten verursacht und ein starkes Durchquellen aus dem Oberwasser nach dem Unterwasser nicht besorgt werden darf. Außerdem hängt die Höhenlage des

Kanals häufig von manchen äußern Umständen ab, wohin namentlich die Straßen-Uebergänge zu rechnen sind, sowie zuweilen Gebäude u. dgl. Gewöhnlich verlegt man die Schleusen an solche Punkte des Kanals, wo das Terrain um die Höhe des halben Schleusengefälles unter den Wasserspiegel sich senkt. Hiernach liegt das Oberwasser neben der Schleuse ebenso hoch über dem Terrain, wie das Unterwasser darunter. Diese Regel leidet natürlich vielfache Ausnahmen, die durch die Beschaffenheit des Bodens bedingt werden.

Ist eine starke Filtration zu befürchten, so legt man die Schleuse weiter aufwärts, damit der Wasserspiegel nicht viel über das natürliche Terrain fällt. Ferner bleibt noch zu untersuchen, ob es zweckmäßiger sei, den Kanal vollständig in die Thalsohle zu verlegen, oder ihn auf dem Fuße der einen Seitenabdachung zu erbauen. Beide Anordnungen haben ihre Vor- und Nachtheile.

Legt man den Kanal mehr zur Seite, also auf den Rand des Thals, so ist er vor dem Angriffe des im Bache strömenden Wassers mehr gesichert, als wenn er in größerer Nähe desselben läge; wegen der größern Höhe des Kanalbettes ist es möglich, die Seitenbäche unter der Kanalsohle durchzuleiten; erfordern die Lokalverhältnisse eine Verlegung des Kanals von einer Thalwand zur andern, so ist die Erbauung eines Aquaducts um so leichter, je höher der Kanal über dem Bache liegt.

Dagegen ist nicht zu läugnen, daß der Fuß der Thalwand nie gleichförmig vortritt, sondern oft bedeutende Krümmungen macht, sich bald weit zurückzieht, bald sehr stark vorspringt, wodurch eine bedeutende Verlängerung der Kanallinie verursacht wird; daß ferner höhere Aufdammungen nicht zu vermeiden sind und das nöthige Material dazu oft nur schwer erhalten werden kann; daß die Filtrationen bedeutender sind, als wenn der Kanal in die Thalsohle selbst eingeschnitten ist. Diese Umstände, sowie daß die Seitenbäche leichter und in größerer Zahl zur Speisung verwendet werden können und sich eher eine brauchbare Erde zu den Dämmen vorfindet, sind so wichtig, daß man es allgemein vorzieht, den Kanal in die Thalsohle selbst zu legen.

In engen Thälern tritt zuweilen der Bach so nahe an die Bergwand, daß vor derselben kein Raum für den Kanal bleibt; in diesem Falle wird der Bach mehr in die Mitte der Thalsohle verlegt werden müssen. Natürlich müssen hier die gegen den Bach angrenzenden Dämme gegen Beschädigungen durch Hochwasser gesichert sein. Doch ist eine Verlegung des Baches nicht immer möglich, und es bleibt nichts Anderes übrig, als den Kanal in das Bachbett selbst zu legen. Die Nachtheile dieser Anordnung sind aber sehr groß, indem bei jedem Hochwasser Beschädigungen an den Ufern wahrgenommen werden und nicht selten große Geschiebmassen sich ablagern, die der Schifffahrt hinderlich sind. Jedenfalls wird man den Kanal nur so weit in das Bachbett verlegen, als es absolut nöthig ist; dabei wird es dann erforderlich, diese Strecke mit den anschließenden Kanalhaltungen durch Schleusen zu vereinigen. Die obere von diesen Schleusen muß, wenn die Hochwasser bedeutend sind, mit Fluththoren versehen sein.

Eine besondere Prüfung der Verhältnisse ist jedesmal da erforderlich, wo der Kanal von einem Bache gekreuzt wird. Wollte man einen Bach in den Kanal

eintreten und auf der andern Seite wieder austreten lassen, so würde nicht nur der Wasserstand sehr veränderlich werden und häufig die Schifffahrt unterbrechen, sondern es würde sich auch nach jedem Regen eine Masse Geschiebe in den Kanal legen und denselben zum Theil ausfüllen. Dieß zu vermeiden, legt man den Kanal immer so hoch, daß der Bach unter demselben durchgeleitet werden kann. Solche Ueberbrückungen sind immer kostspielig und man wird daher für die Kanallinie diejenige Thalwand wählen, welche am wenigsten derartige Kreuzungen veranlaßt. Tritt die Thalwand an einer Stelle zu weit vor, so bleibt natürlich zu erwägen, ob ein Tunnel nicht mehr Vortheile gewährt, als eine Verlängerung oder Verlegung des Kanals auf die andere Thalseite.

Hat man die Wahl zwischen mehreren Kanallinien, so bleibt natürlich diejenige die beste, welche auf festen Boden trifft und die geringste Filtration besorgen läßt. Dabei wird man stets auch berücksichtigen müssen, daß die Erdarbeiten sich am wohlfeilsten herausstellen, was dann der Fall ist, wenn die Auf- und Abträge sich nahezu ausgleichen.

Die Anordnung der letzten Kanalstrecke oder die Bestimmung der Stelle für die nächst dem Strome gelegene Schleuse ist noch von besonderer Wichtigkeit. Der Theil des Kanals unterhalb dieser Schleuse steht stets mit dem Strome in Verbindung und es ist daher der Wasserspiegel in demselben sehr veränderlich; die dadurch bewirkte Strömung ist zuweilen schon nachtheilig für die Kanalufer, aber noch nachtheiliger sind die Verschlammungen des Kanals selbst. Man wird daher immer gut thun, die Schleuse so nahe als möglich an den Strom zu legen, und sie nur so weit zu entfernen, daß einige Schiffe in der Mündung des Kanals unterhalb der Schleuse liegen können.

Ist das Ufer des Stromes eingedeicht, so muß jedenfalls die Schleuse in der Deichlinie liegen und mit Fluththoren versehen sein, die das Hochwasser vollständig abhalten.

Hat man zu bestimmen, an welcher Stelle der Kanal in den Strom einmünden soll, so wird man vorzugsweise diejenige wählen, wo keine Sand- oder Kiesablagerungen eintreten und die daher in concavem Ufer liegen. Bildet sich alsdann auch nach und nach eine Erhöhung der Kanalsohle, so kann die nöthige Tiefe durch eine Ausbaggerung wieder hergestellt werden, während eine im Strome ausgebaggerte Rinne in kurzer Zeit wieder zugeschüttet wird. In jedem Falle ist es auch vortheilhaft, die Kanalmündung stromabwärts zu kehren, um theils die Tiefe sicherer zu erhalten, theils auch, um das Ein- und Ausfahren der Schiffe zu erleichtern. Durch die Fig. 1—7, Taf. XVII., sind einige Längenprofile von Kanälen dargestellt. Fig. 1, Kanal de Briare; Fig. 2, Kanal du Centre; Fig. 3, Kanal Morris in Amerika; Fig. 4, Kanal du Nivernais; Fig. 5, Kanal de la Sarre à la Seille; Fig. 6, Kanal de Nantes a Brest; Fig. 7, Kanal St. Martin.

§. 61.

Querprofile der Kanäle.

Der Kanal soll so breit und tief sein, daß 2 Kanalboote, wenn sie beladen sind, bequem darin fahren können. Die Dimensionen des Querprofils eines Kanals richten sich somit nach den Dimensionen der Kanalboote und der größten Einsenkung derselben.

Für Kanäle von mittlerer Größe haben die Kanalboote 30 Mtr. Länge, 5 Mtr. Breite und ziehen beladen 1·3 Mtr. Wasser. Hiernach genügt es, die Sohle eines Kanals 10 Mtr. breit und die Wassertiefe zu 1·6 Mtr. anzunehmen, damit stets unter den Kanalbooten 0·3 Mtr. Wasser bleibt. Oft geht man bei der ersten Anlage des Kanals mit der Tiefe auf 1·65 Mtr., um bei Bodenarten, die eine starke Filtration befürchten lassen, den nöthigen Raum für einen thonigen Niederschlag zu haben, der den Kanal verdichtet.

Die Sohle des Kanals pflegt man gewöhnlich horizontal anzulegen und den Unterdrempel der vorhergehenden Schleuse, wie den Oberdrempel der folgenden mit ihr in gleiche Höhe zu setzen. In mancher Hinsicht scheint es jedoch geboten, der Sohle einer langen Haltung ein kleines Gefälle zu geben; wenn man die Kanalstrecke trocken legen will, so wird dadurch der Abfluß des Wassers befördert, außerdem aber müssen auch die Verluste durch Verdunstung und Filtration oft ersetzt werden, und durchfließen bedeutendere Wassermassen bei häufigen Durchschleusungen den ganzen Kanal, wodurch auch im Wasserspiegel ein kleines Gefälle entsteht und durch die etwas geneigte Sohle nur der Parallelismus zwischen ihr und dem ersteren dargestellt und die Verschiedenheit in der Tiefe ausgeglichen wird. Woltman empfiehlt zu diesem Zwecke, die Sohle auf 1000 Fuß Länge um den achten Theil eines Zolles abfallen zu lassen.

Wenn die Breite eines Kanals so groß angenommen wird, daß 2 beladene Schiffe aneinander bequem vorbeifahren können und außerdem noch unter ihrem Boden ein Raum von 0·3 Mtr. Höhe bleibt, so stellt sich mit Rücksicht auf die Uferböschungen des Kanals das Verhältniß des Kanalprofils zum Querschnitt des eingetauchten Theils der Schiffe nahe wie 4:1 heraus, und da nach den gemachten Erfahrungen der Widerstand der Schiffe bei dem Verhältniß von 5:1 schon ebenso gering ist, wie im offenen Wasser, so liegt auch kein Grund zu einer weitern Verbreiterung der Kanäle vor.

Nicht immer kann jedoch ein Kanal in gleicher Breite durchgeführt werden, sondern es treten Umstände ein, welche entweder für eine Verengung oder für eine Verbreiterung des Kanals sprechen.

Die Verengung findet statt:

1) Wenn der Raum für die Kanalanlage fehlt, z. B. unter massiven Brücken, in engen Thälern mit steilen Felswänden.
2) Wenn der Kanal auf dem Abhange eines steilen Ufers ausgeführt werden muß, oder wenn einzelne wichtige Gebäude, Straßen 2c. die Verbreiterung verhindern.

In solchen Fällen erhält der Kanal nicht mehr die flachen Böschungen, sondern man schließt ihn mit Mauern ein und beschränkt zuweilen noch die Sohlenbreite.

Die Erfolge solcher Verengungen sind nur, daß der Widerstand beim Durchziehen der Schiffe sich etwas vergrößert, oder deren Geschwindigkeit vermindert.

Gewöhnlich pflegt man die Verengungen auf die anderthalbfache Schiffbreite anzunehmen; ein Ausweichen der Schiffe ist alsdann nicht mehr möglich, und es muß eines so lange warten, bis das andere durchgefahren ist. Damit dieser Umstand jedoch bei größerer Länge der Verengung nicht zu nachtheilig werde, muß man Ausweichstellen anbringen, in denen die Schiffe aneinander vorbeifahren können.

Die Verbreiterung findet statt:

1) Wenn der Kanal in einer Niederung liegt, wo es oft an Material zur Herstellung der Dämme fehlt.
2) Wenn die Kanalhaltung so kurz ist, daß eine oder mehrere Durchschleusungen den Wasserspiegel zu sehr senken würden.
3) Wenn der Kanal zugleich einen Entwässerungsgraben bildet, der eine der abzuführenden Wassermasse entsprechende Breite haben muß.
4) An solchen Stellen, wo die Schiffe be- oder entladen werden, man nennt sie Kanalhäfen. Dieselben haben auch noch den Zweck, das Wenden der Schiffe möglich zu machen.

Auch unmittelbar an den Schleusen ist eine Verbreiterung in mehrfacher Hinsicht sehr nützlich. Einestheils fordert solche die Ansammlung der Schiffe bei lebhaftem Verkehr; sodann senkt sich auch bei plötzlichem Oeffnen der Schützen in den Oberthoren der Wasserstand in einem engen Oberkanal so bedeutend, daß die Schiffe sich leicht auf den Grund aufstellen; endlich tritt bei der gewöhnlichen Anordnung noch eine größere Verzögerung im Aus- und Einfahren der Schiffe nach der Schleuse ein, und es ist unmöglich, eines sogleich hineinzubringen, nachdem das erste in entgegengesetzter Richtung herausgegangen ist. Minard empfiehlt aus diesem Grunde, die Axe der Schleuse nicht in die Achse des Kanals zu legen; Hagen hält es für zweckmäßiger, den Kanal neben den Schleusen so breit zu machen, daß darin 3 Schiffe liegen können.

Die Böschungen der Seitenwände des Kanals hängen hauptsächlich von der Beschaffenheit des Bodens ab. Besteht dieser aus Felsen, so kann man die Wände oft senkrecht aufführen, gewöhnliche Dammerde braucht eine 1½fache, lockere Erde eine 2fache Böschungsanlage. Sowohl bei den englischen als auch bei den französischen Kanälen haben die inneren Böschungen fast ohne Ausnahme 1½fache Anlage.

Werden die Böschungen flacher gemacht, so zeigen sich in der Höhe des Wasserspiegels häufige Uferabbrüche, die hauptsächlich vom Wellenschlag, der theils vom Winde, theils auch von den vorbeifahrenden Schiffen herrührt, verursacht werden. Zur Vermeidung solcher Beschädigungen hat man oft ein Mittel angewendet, welches das Kanalprofil etwas verändert. Man bringt nämlich in geringer Höhe unter dem Wasserspiegel Bankete oder Bermen von geringer

Breite an, Fig. 13, Taf. XVII., und bepflanzt solche mit Schilf und anderen Wasserpflanzen, die dazu dienen, den Wellenschlag zu brechen und die von der oberen Böschung herabfallenden Erdtheilchen aufzufangen.

Zuweilen wird der Abbruch der Ufer auch durch Quellen und überhaupt durch das einfließende Wasser veranlaßt. In diesem Falle ist es zweckmäßig, die Ufer in der Nähe des Kanals nur wenig über den Wasserstand vortreten zu lassen. Zur Seite des Kanals findet sich jedesmal ein Leinpfad oder Ziehweg, häufig sind deren auch zwei, nämlich auf jedem Ufer einer angebracht.

Wenn auch nur ein Ziehweg angelegt wird, so erscheint es immer zweckgemäß, auf der andern Seite des Kanals einen Fußweg einzurichten. Diese Pfade brauchen nur so weit über dem Wasserspiegel zu liegen, daß sie stets trocken bleiben, und dazu genügt eine Höhe von 0·45 bis 0·6 Mtr.

Was die Breite der Ziehwege betrifft, so richtet sich diese nach der Art des Zugs; fast allerwärts werden die Schiffe durch Pferde gezogen, weil die Transportkosten sich billiger stellen, als wenn der Zug durch Menschen ausgeübt werden müßte. Die Anzahl Pferde richtet sich nach der Größe und Ladung der Kanalschiffe. Mehr als 2 Pferde sieht man selten und diese erfordern eine Breite von 3 Mtr.; wenn nur 1 Pferd angewendet wird, was in England allgemein vorkommt, so genügen 1·8 Mtr. Breite. Soll der Pfad nur durch Menschen betreten werden, von denen oft mehrere hintereinander gehen, so ist eine Breite von 1·5 — 1·8 Mtr. ebenfalls hinreichend. Hieraus geht hervor, daß die Mehrkosten bei Anlage von 2 Ziehwegen nicht bedeutend sind, insofern der eine derselben doch durch einen Fußpfad ersetzt werden müßte. Dagegen kann der zweite Ziehweg ohne besondere Beschwerden für die Schifffahrt entbehrt werden, wie dieß die englischen Kanäle auch hinlänglich beweisen. Dasjenige Pferd, welches das auswärts fahrende Schiff zieht, geht nämlich, sobald ein anderes ihm begegnet, etwas langsamer; dadurch senkt sich die Leine und das zweite Pferd geht darüber fort, während auch zugleich das zugehörende Schiff, welches neben dem Leinpfad bleibt, über die lose Leine gleitet. Wird nur ein Leinpfad angelegt, so kommt er auf diejenige Seite, welche dem herrschenden Winde zugekehrt ist. Die Leine zieht nämlich jedesmal das Schiff nach der Seite des Leinpfades hin, und diesem Seitenzuge kann nur dadurch begegnet werden, daß man das Schiff mittelst des Ruders etwas nach der andern Seite wendet. Wenn nun auch der Wind das Schiff in derselben Richtung seitwärts treibt, wie die Leine, so muß es noch weiter abgekehrt werden, und kann alsdann leicht den ganzen Kanal sperren, und erfährt dadurch einen viel größern Widerstand. Ist die Richtung des herrschenden Windes nicht zu ermitteln, so thut man wohl, den Leinpfad auf die Thalseite zu legen, wo gewöhnlich der Damm im Auftrage liegt.

Die äußere Böschung des Kanaldammes ist keinen Beschädigungen ausgesetzt, und kann daher so steil angelegt werden, als es die Beschaffenheit des Bodens überhaupt gestattet. Eine 1 $1/4$fache Anlage genügt fast immer.

Hinter denjenigen Pfaden, die im Auftrage liegen, ist kein Graben nöthig, dagegen darf ein solcher nicht fehlen, wenn dieselben im Abtrage sind, um das Berg- und Quellwasser abzufangen und abzuleiten.

Die Böschung, welche sich hinter dem Graben erhebt, kann in vielen Fällen noch etwas steiler als die äußere Böschung der aufgeschütteten Dämme gehalten werden, weil sie in dem abgelagerten Boden eingeschnitten wird.

Bei großen Höhen ändert sich natürlich dieses Verhältniß, und alsdann muß man sie häufig sehr flach halten und in anderer Weise schützen, damit keine Einstürzungen erfolgen. (Allg. Bauk. §. 170.)

Die Fig. 8, 9, 10, 11, 12, 13 und 14, Taf. XVII., stellen verschiedene Kanalprofile dar. Fig. 8 ist das Profil des Kanals Caledonien; Fig. 9 das Profil des Sarre- und Seille-Kanals; Fig. 10 Kanal du Centre; Fig. 11 und 12 Kanal de l'Ourcq; Fig. 13 Kanal du Midi; Fig. 14 Kanal St. Denis.

§. 62.

Speisung und Entlastung der Kanäle.

Die Wassermenge, welche ein Schifffahrtskanal bedarf, um die erforderliche Fahrtiefe dauernd zu erhalten, wurde bereits im §. 59 bestimmt.

Am vortheilhaftesten wird es immer sein, wenn die in der Nähe der Scheitelstrecke befindlichen Bäche zur Zeit der größten Dürre diese Wassermasse liefern.

Die Ergiebigkeit einer Quelle oder eines Baches läßt sich aus der Ausdehnung und Beschaffenheit desjenigen Terrains einigermaßen beurtheilen, welches die Zuflüsse liefert. Wenn man auch keine große Genauigkeit im Resultat zu erreichen im Stande ist, so sichert eine solche Betrachtung doch vor groben Täuschungen, denen man sich durch eine einmalige directe Messung leicht aussetzen kann. Am sichersten wird es immer sein, in verschiedenen Jahreszeiten die Messung zu wiederholen. Dieselbe geschieht gewöhnlich, indem man an einer ziemlich regelmäßigen Stelle des Baches das Profil und die mittlere Geschwindigkeit bestimmt. Es ist dieselbe Methode, die auch bei Flüssen und Strömen angewendet wird. Dabei tritt aber bei der Untersuchung von Quellen und kleinen Bächen der Uebelstand ein, daß die geringe Wassertiefe häufig die Geschwindigkeitsmessungen nicht genau genug anstellen läßt, und es finden sich hier auch gewöhnlich viel größere Abweichungen zwischen den Geschwindigkeiten in den einzelnen Profilen, als dieses bei Flüssen der Fall ist. Weit sicherer gelangt man zu einem brauchbaren Resultate, wenn man entweder den Quell in ein Reservoir von bekanntem Inhalte hineinleitet und die Zeit beobachtet, während welcher die Füllung geschieht, oder wenn man einen Ueberfall construirt und die Wassermenge nach der bekannten Formel berechnet.

Die Vorbereitungen zu einer solchen Messung sind keineswegs schwierig, wenn das Resultat aber sicher sein soll, muß man zwei Umstände dabei nicht außer Acht lassen, nämlich:

1) muß die Messung während dem Beharrungszustande erfolgen, damit die aufgefangene Wassermenge diejenige ist, die der Bach in derselben Zeit regelmäßig abführt;
2) darf man den künstlichen Stau, der zu diesem Zwecke erzeugt wird, auch nicht zu hoch treiben, denn in diesem Falle dringt ein Theil des Wassers

in den Boden zur Seite, und wie dieser feucht und sumpfig wird, so verliert der Bach an Reichhaltigkeit, und der Verlust kann bei manchen Bodenarten ganz bedeutend sein.

Man wird also zur Messung eine Stelle aussuchen, wo die Ufer geschlossen sind und das Gefälle recht stark ist; hier fangt man den Quell durch eine Rinne ab und gräbt neben derselben das Gefäß in das Bett ein. Sobald die Strömung in der Rinne im Beharrungszustande ist, so öffnet man eine Klappe am Boden oder zur Seite der Rinne und läßt ihren Inhalt nach dem Gefäß strömen, während man nach einer Secundenuhr die Zeit der Füllung desselben beobachtet. In ähnlicher Weise verfährt man bei dem Ueberfall. Die Weite der Oeffnung ist bekannt und die Höhe des überstürzenden Wassers wird gemessen; ist erstere = b, letztere = h, so man die Wassermenge

$$M = 0{\cdot}57\ b\,h\,\sqrt{2gh}.$$

Bei den Röhrenleitungen hat man häufig die Wassermenge in sogenannten Wasserzollen ausgedrückt. Unter Wasserzoll versteht man die Wassermenge, welche durch eine kreisrunde Oeffnung von 1 Zoll Durchmesser in einer dünnen und senkrechten Wand unter dem möglichst kleinsten Druck (1‴) abfließt. In Frankreich nimmt man übereinstimmend mit der Berechnung an, daß nach der Formel:

$$M = \frac{1}{4}\,\pi\,D^2\varphi\,\sqrt{2gh}\,\left(1 - \frac{1}{128}\,\frac{D^2}{h^2} - \frac{1}{3277}\,\frac{D^4}{h^4}\ldots\right),$$

worin $\varphi = 0{\cdot}65$, D Durchmesser der Oeffnung, h Druckhöhe, ein Wasserzoll in 24 Stunden 19·1953 Kubikmtr. liefert.

Der Apparat, womit man messen kann, wie viele Wasserzolle etwa eine Zuleitungsröhre liefert, besteht aus einem hölzernen Kasten, Taf. IV, Fig. 4, a und b, welcher durch 2 Wände in 3 Abtheilungen getheilt ist. Die Zuleitungsröhre A ergießt ihr Wasser in die Abtheilung B; aus dieser fließt es durch mehrere Oeffnungen C in die Abtheilung D, wo es zur Ruhe kommen muß und deßhalb noch einige Querwände eingesetzt sind. In der Wand, welche die beiden letzten Abtheilungen von einander trennt, befinden sich nun die kreisförmigen Oeffnungen E von 1 Zoll Durchmesser, welche zur Messung dienen. Das durchfließende Wasser sammelt sich in der Abtheilung F, von wo es weiter geleitet wird. Die Mittelpunkte aller Oeffnungen müssen genau gleich hoch liegen und die Oeffnungen selbst werden in Messing- oder Kupferbleche genau ausgebohrt.

Die Messung geschieht nun so, daß man die sämmtlichen Zollöffnungen zuerst mit Korken schließt, und sobald die Abtheilung D bis an dieselben gefüllt ist, die Korke nach und nach herausnimmt, und zwar so lange, bis der Wasserspiegel in der genannten Abtheilung unverändert 1 Linie über dem oberen Rande der Oeffnungen stehen bleibt.

Wenn das zufließende Wasser mehrere Röhrenleitungen speisen soll, und es nöthig ist, das ganze Quantum nach einem gewissen Verhältnisse zu vertheilen, so läßt sich dieses sehr leicht dadurch bewirken, daß man eine zweite Reihe von Zollöffnungen anbringt, also etwa die dritte Abtheilung durch Zwischenwände so

abtheilt, daß jede derselben einer Speiseröhre entspricht, und so viele Oeffnungen hat, als Wasserzolle der betreffenden Röhre zugeführt werden sollen.

In Frankreich, wo diese Messung des Wassers bei Röhrenleitungen allgemein üblich ist, befinden sich die Reservoirs in dem Thurme auf dem Gebäude der Wasserhebungsmaschine. Dieselben sind von Holz und im Innern mit Bleiplatten ausgeschlagen; nur die Oeffnungen werden in Kupferplatten angebracht.

Will man die Reichhaltigkeit eines Baches messen, so darf man den letzteren nur durch ein eingegrabenes Brett sperren, worin eine Metallplatte mit den zölligen Löchern eingesetzt ist. Diese Löcher sind alle in einer Horizontalen und müssen in so großer Zahl vorhanden sein, daß alles ankommende Wasser bei möglichst kleinster Druckhöhe, etwa 0·003 Mtr., abfließen kann. Findet man, daß 10 Löcher hinreichend sind, so ist die Wassermasse in 24 Stunden 191·95 Kubikmtr.

Werden die Bäche für die Speisung des Kanals nicht ausreichend gefunden, so kann man das zur Zeit des starken Regens oder beim Schmelzen des Schnees abfließende Wasser in großen Reservoirs auffangen und später mit demselben den Kanal speisen.

Wenn man sich gleichwohl von solchen Reservoirs nicht zu viel versprechen darf, da nur ein mäßiger Theil des gesammelten Wassers nutzbar sich verwenden läßt, so sind sie doch bei Kanälen mit hochliegenden Scheitelstrecken von großem Vortheile und haben deßhalb auch schon vielfach Anwendung gefunden.

Zuweilen werden die Scheitelstrecken der Kanäle mittelst kräftiger Wasserhebmaschinen gespeist. Dieses geschieht unter Andern auf dem Grand-Junction-Kanal in England, dem Sambre-Oise-Kanal in Frankreich, dem Kanal zwischen Charleroy und Brüssel in Belgien u. a. m. In letztbenanntem Kanale hat man statt der sonst üblichen Pumpen archimedische Schnecken erbaut, welche durch Dampfmaschinen bewegt werden. Solche Einrichtungen sind indeß sehr kostspielig.

Auch artesische Brunnen sind schon zur Speisung von Kanälen vorgeschlagen worden; allein wenn die Bohrlöcher bisweilen auch bedeutende Wassermassen liefern können, so läßt sich doch nicht annehmen, daß auf der Wasserscheide in einer Gebirgsgegend reiche Adern aufgeschlossen werden, die von selbst in die Höhe steigen.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß die Speisung der Scheitelstrecke gewöhnlich nur durch Bäche geschehen kann, welche dem Kanale ununterbrochen ihre Wassermenge zuführen, oder wenn dieß nicht möglich, Reservoire angelegt werden müssen. Die letztern haben in mancher Beziehung noch den Vorzug vor der Speisung durch Bäche, indem sie

1) eine Ausgleichung darstellen;
2) für den Fall, daß ein starker Wasserbedarf im Kanal nöthig wird, denselben decken können.

Bei der Zuleitung von Bächen zum Kanale, läßt man die Bäche selbst [illegible] über in das Kanalbett eintreten, sondern sorgt dafür, daß sie nur so [illegible] den Kanal absetzen, als er bedarf. Entgegengesetzten Falles wür[illegible] Anschwellung den Kanal überlasten und könnten sogar ein Ueber[illegible] über die Kanaldämme und deren Zerstörung veranlassen. Die

Bäche behalten daher neben der künstlichen Leitung ihre natürlichen Betten, und ergießen sich, sobald sie reichen Zufluß haben, nach wie vor in die letztern. Derjenige Theil ihrer Wassermenge, den man zur Speisung des Kanals braucht, wird abgefangen und durch einen besondern Graben, den Speisekanal, demselben zugeführt. Zu diesem Behufe baut man in dem Bachbett entweder ein Wehr oder eine andere Stauvorrichtung, die man beliebig ganz außer Thätigkeit setzen kann. Gewöhnlich eignet sich ein einfaches Schleusenwehr mit Schützen am besten. Eine zweite kleine Schleuse mit Schützen an der Mündung des Speisekanals dient gewöhnlich noch dazu, den Eintritt des Wassers zur Zeit der Anschwellung von demselben ganz abzuhalten, damit er sich nicht versande.

Die Speisekanäle erfordern in ihrer Anlage eine große Vorsicht, damit sie nicht zu bedeutende Wasserverluste veranlassen. Es gibt Speisekanäle, die, weil sie zu lang sind und zu wenig Gefälle haben, nur den vierten oder fünften Theil ihres empfangenen Wassers in den Kanal bringen. Die Verluste können auf zweierlei Arten vermindert werden, entweder durch Abkürzung der Länge der Speisekanäle, oder durch Vergrößerung der Geschwindigkeit des Wassers. Eine Abkürzung der Länge ist aber nur dann möglich, wenn man die Bergwände verläßt, also Schluchten überbrückt, scharfe Krümmungen abschneidet oder schmale Bergrücken durchsticht, wodurch die Kosten sehr vergrößert werden und in den Theilen, welche im Auftrage liegen, stärkere Filtrationen stattfinden. Die Vergrößerung der Geschwindigkeit des Wassers ergibt sich entweder schon durch die Verkürzung der Länge des Speisekanals, oder dadurch, daß man das Wasser in größerer Höhe abfängt. In diesem Falle wird allerdings die Wassermenge geringer, allein für den Kanal kann der Zufluß doch verstärkt werden, indem das Wasser den Graben schnell durchfließt. Das relative Gefälle eines Speisegrabens läßt sich im Allgemeinen schwer bezeichnen, indem die lokalen Verhältnisse hierauf einen überwiegenden Einfluß haben. Die Gefälle wechseln zwischen $\frac{1}{2000}$ und $\frac{1}{14000}$; sie können um so schwächer sein, je weniger die Beschaffenheit des Bodens die Filtration begünstigt. Eine zu große Strömung ist aber ebenso wenig zuläßig, als zu schwache, indem das Wasser leicht die Sohle und die Ufer angreifen und beschädigen könnte. Man pflegt daher, wenn die Höhenlage des Baches es gestattet, das Gefälle in der Art anzunehmen, daß die Geschwindigkeit des Wassers 0·6 Mtr. beträgt.

Wäre durch äußere Umstände ein noch stärkeres Gefälle geboten, so müßte dieses durch Wasserstürze, Stein- oder Holzschwellen, die man an einzelnen Stellen des Grabens anbringt, gemäßigt werden.

Bezüglich der Ausführung der Speisekanäle darf nicht unerwähnt bleiben, daß es hauptsächlich darauf ankommt, sie in guten dichten Boden einzuschneiden, damit die Filtrationen sich mindern. Im Uebrigen wird es immer zweckmäßig sein, sie an einer Bergwand hinzuführen, damit noch Zuflüsse von Seitenbächen und Quellen benutzt werden können. Solche Seitenbäche aber, die Sand und Geschiebe mitführen, dürfen nicht in den Speisekanal eintreten, sondern sind entweder über oder unter demselben wegzuleiten. Zuweilen ist man auch gezwungen

den Speisekanal in eine natürliche Ablagerung von Steingerölle einzuschneiden, die sich vor der Bergwand gebildet hat, und noch fortwährend durch nachstürzende Gerölle von oben her überdeckt wird. In diesem Falle ist eine Ueberwölbung nothwendig, und um den Kanal gegen Filtrationen zu schützen, so schließt man ihn nicht nur von der Seite mit Mauern ein, sondern stellt auch seine Sohle aus einem umgekehrten Gewölbe dar, wobei sämmtliches Mauerwerk mit hydraulischen Mörtel ausgeführt wird.

Das Profil des Speisegrabens ist von der Wassermenge abhängig, die abgeführt werden soll, und von dem Gefälle, welches die Sohle erhält. Wächst die Wassermenge, so muß auch das Profil vergrößert werden, wenn man nicht vorzieht, das Gefälle etwas größer zu nehmen. Um das Material, welches dem Kanal durch einzelne Bäche zugeführt wird, ohne Beeinträchtigung seiner Wirksamkeit abzulagern, pflegt man ihn zuweilen mit eigenen Sammelbassins zu versehen. Es sind dieß verbreiterte oder vertiefte Stellen, die in gleicher Weise, wie die Schlammkasten, in Röhrenleitungen wirken.

Ein Hauptübelstand bei den Speisekanälen ist immer die zu starke Filtration. Um dieser vorzubeugen, bleibt das sicherste Mittel, dieselben mit guter fetter Erde auszulegen, oder wenn diese nicht vorhanden, trübes Wasser in sie zu leiten, damit die darin schwebenden erdigen Theile nach und nach die undichten Stellen verstopfen.

Was die Ausmündung des Speisekanals in den Schifffahrtskanal anbelangt, so geschieht diese nur selten in der Art, daß ein Kanal einfach in den andern eintritt, sondern es wird vielmehr gewöhnlich wieder eine kleine Schleuse errichtet, an deren Seitenmauern sich die Kanalwände anschließen. Die Schleuse wird mit einem Fachbaume oder einer massiven Schwelle versehen, die schon deßhalb unentbehrlich ist, weil der Speisekanal eine geringere Tiefe hat, als der Kanal; auch erhält sie einen Schützenaufzug wegen Regulirung des Wasserzuflusses.

Eine Erweiterung des Speisekanals vor dieser Schleuse ist zweckmäßig, um die herbeigeführten Sand- und Kiesmassen vor dem Eintritt in den Kanal abzulagern.

Würde der Speisekanal zu gewissen Zeiten zu große Wassermassen in den Kanal führen, so müßten diese durch die Einmündungsschleuse zurückgehalten werden. Hierdurch könnte nun das Wasser in dem Speisekanal zu hoch anwachsen, die Dämme überfluthen und theilweise zerstören. Es ist daher nothwendig, noch eine weitere Schleuse an dem Speisekanal anzubringen, durch welche das überflüssige Wasser abgeleitet und in denjenigen Bach geführt werden kann, dessen Thal der Kanal verfolgt. Um dazu das nöthige Gefälle zu erhalten, ist es gut, den Speisekanal dort in den Kanal zu leiten, wo letzterer sich über die Sohle erhebt.

Die Speisekanäle, welche das Wasser aus den Reservoirs dem Schifffahrtskanale zuführen, unterscheiden sich von den gewöhnlichen Speisekanälen nur dadurch, daß sie nicht fortwährend mit Wasser gefüllt sind. Sie machen keine Einmündungs- oder Ableitungsschleusen nothwendig und sind so zu führen, daß sie bei heftigen Regengüssen nicht von Sand und Schlamm angefüllt werden.

Finden sich in der Nähe der Scheitelstrecke noch kleine Bäche und Quellen, deren Wassermassen benutzt werden sollen, so leitet man diese gewöhnlich über ein festes Wehr in den Kanal, damit sich die Geschiebe vor demselben ablagern.

Häufig trifft es sich, daß der Kanal Seitenbäche kreuzt, die entweder an sich hoch genug liegen, um zur Speisung benutzt zu werden, oder die man wegen ihres starken Gefälles leicht bis zu dieser Höhe anspannen kann. Gewöhnlich wird der Kanal über den Bach fortgeführt, und mit dem Durchlasse, worin der Bach fließt, läßt sich leicht die Stauanlange verbinden, mittelst deren der Bach so weit gehoben wird, daß er in den Kanal tritt. Eine solche Anordnung zeigen die Fig. 26 und 26a, Taf. XVII. Von der Bergseite her fließt der Bach dem Kanale zu und mit ihm verbinden sich die Gräben, die neben dem Ziehweg sich hinziehen. Die vereinigte Wassermasse stürzt sich in einem Fallkessel auf die Sohle des Durchlasses herab. Letzterer ist von Steinen ausgeführt und mit einer Lage Thon überdeckt. In diejenige Stirnmauer des Durchlasses, die denselben gegen den erweiterten Fallkessel begrenzt, sind außer den Falzen für die Dammbalken noch andere Falze eingeschnitten, worin ein Schütz sich bewegt. Ist dieses Schütz geöffnet, so fließt der Bach durch den Durchlaß unter dem Kanal fort; ist es aber geschlossen, wie zur Zeit, wenn der Bach nur reines Wasser bringt, so treibt er dieses so hoch in die Höhe, daß es über die Dammbalken in den Kanal tritt und denselben speist. Setzt sich dabei etwas Material in dem Fallkessel ab, so wird dieses später wieder, wenn das Schütz gezogen ist, von dem durchströmenden Wasser fortgeführt. Immerhin muß der Durchlaß solche Dimensionen erhalten, daß er leicht begangen und geräumt werden kann. Soll das Wasser aus dem Kanal abgelassen werden, so hat man nur die Dammbalken auf der Thalseite herauszunehmen.

Wenn man auch bei der Speisung des Kanals dafür Sorge trägt, daß der Wasserspiegel immer in gleicher Höhe bleibt, so kann es doch auch vorkommen, daß durch überaus starke Zuflüsse die Normalwasserhöhe überschritten wird, und man somit den Kanal entlasten muß.

Diese Entlastung kann auf verschiedene Arten erfolgen:

1) Durch die Schützen oder Umläufe der Schleusen, wenn die abzuleitenden Wassermengen nur gering sind.
2) Durch an der Seite der Kanäle angebrachte massive Ueberfälle, wie Fig. 24, oder Dammbalken, wie Fig. 26, wenn die Wassermassen bedeutender werden.
3) Durch heberartige Kanäle, welche bei einem gewissen Wasserstande von selbst in Wirksamkeit treten.
4) Durch Grundablässe, ähnlich wie Fig. 25.

Die Ueberfälle können gewöhnlich mit den Durchlässen in Verbindung gebracht werden und erfordern eine solide Befestigung der Sohle des Grabens.

Auf manchen englischen Kanälen findet man brunnenartige Ueberfälle, welche nichts anderes sind, als Wehre, deren Rücken jedoch nicht gerade, sondern kreisförmig gekrümmt sind.

Fig. 25, Taf. XIX., zeigt einen solchen Brunnen, der einen vollständigen Cylinder bildet: sobald das Wasser seinen obern Rand übertritt, ergießt es sich

in ihn, und wird in einem überwölbten Kanale unter dem Kanaldamme abgeführt.

Bei den neueren Kanälen begnügt man sich meist mit solchen Anlagen, die durch einen Wärter in Thätigkeit gesetzt werden, indem derselbe entweder die Schütze zieht, oder die Dammbalken aushebt. Der Grund hievon liegt hauptsächlich darin, daß man keines der vorgeschlagenen Ersatzmittel, die dafür theils vorgeschlagen, theils ausgeführt wurden, als ganz zweckmäßig und sicher erkannt hat; sodann pflegt man auch gegenwärtig gewisse Vorsichtsmaßregeln anzuwenden, die den Schaden, den solche Ueberlastungen dem Kanal zufügen, zu mäßigen geeignet sind.

Dazu gehören namentlich die Sicherheitsthore, deren Zweck die möglichst schnelle Abschließung des Kanals ist. Häufig sind diese Thore in der Art aufgestellt, daß beim Durchbruche eines Kanaldammes, wodurch sogleich eine Strömung in der ganzen Strecke entsteht, dieselben von der Strömung erfaßt werden und sich von selbst schließen. Man muß aber, wenn man dieses beabsichtigt, vorher wissen, an welcher Stelle der Durchbruch erfolgen wird, denn wenn die Strömung eine entgegengesetzte Richtung annähme, so würden sie sich nicht schließen, vielmehr würde der Strom ihre Bewegung noch erschweren. Um daher für alle Fälle sicher zu sein, ist es am besten, zwei Paare Stemmthore anzubringen, die sich nach entgegengesetzter Richtung kehren, und zu diesem Behufe etwa in der Mitte einer langen Strecke ein Schleusenhaupt zu errichten, welches in derselben Art angeordnet ist, wie das Unterhaupt einer Schleuse, die den Kanal mit dem Strome verbindet.

Derartige Anlagen sind indeß immer kostspielig und erfordern viel Unterhaltung, weßhalb man in neuerer Zeit sie dahin abänderte, daß man statt den zwei Stemmthoren einfache Thore gewählt hat, welche sich um eine horizontale Achse drehen und sich flach auf den Boden legen lassen. Fig. 1, 2, 3 und 4, Taf. XXII., zeigt eine derartige Anordnung, die bei mehreren französischen und englischen Kanälen mit gutem Erfolge zur Ausführung kam. Zum Aufrichten der Thore dienen zwei eiserne Stangen, die zur Seite an den Köpfen der Schlagsäulen befestigt sind. Da ein solches Thor von beiden Seiten dem Wasserdrucke widerstehen muß, so ist es auch von beiden Seiten verkleidet. Durch den Wasserdruck wird es indeß nur von einer Seite geschlossen erhalten, daher muß es, wenn der Druck in entgegengesetzter Richtung erfolgt, noch besonders abgesteift werden, und hierzu dienen vier eiserne Vorreiber, welche sich um eine horizontale Achse drehen.

Die zum Heben eines Thores erforderliche Kraft ist nicht bedeutend, da das Gewicht desselben in allen Stellungen nahe durch den Wasserdruck aufgehoben wird, doch gibt man ihm einiges Uebergewicht, damit es sich nicht von selbst hebe.

Wenn das Thor niedergeschlagen ist, so kann es nicht verhindert werden, daß sich darauf eine Schicht Schlamm oder Sand ablagert. Um nun beim Aufrichten das Herabsinken dieser Ablagerung zwischen die Wendesäule und Anschlagschwelle zu verhindern, ist diese Fuge fortwährend mit einem Flügel aus Eisenblech überdeckt, der mittelst einer horizontalen Achse am Thore befestigt ist. In Fig. 3 und 4 ist dieser Flügel mit a bezeichnet.

Für den Fall, daß man einen Theil der Kanalstrecke entleeren will, um etwa ein gesunkenes Schiff zu heben, bietet die Aufstellung des Thores keine Schwierigkeiten. Wenn später die Kanalstrecke wieder gefüllt werden soll, so geschieht dieß mittelst zweier Oeffnungen im Thore, die durch Klappen mit zwei Flügeln geschlossen werden. Um für den Wasserdruck nach beiden Richtungen diese Klappen leicht öffnen zu können, hat man sie mit zwei verticalen Drehungsachsen versehen, und kann somit beliebig jeden Flügel einer Klappe zu dem längern machen.

§. 63.

Erdarbeiten.

Wenn die Richtungslinie und das Querprofil des Kanals bestimmt ist, das Längennivellement und die nöthigen Querprofile aufgenommen sind, so schreitet man an die Profilirung des Erdwerks und an die Ausführung der Erdarbeiten.

Was hierüber schon in dem siebenten Abschnitte der Allgemeinen Baukunde, sowie im dritten und achten Abschnitte des Straßen- und Eisenbahnbaues gesagt wurde, gilt auch hier, und bemerken wir nur, daß es hauptsächlich darauf ankommt, die nöthigen Erdtransporte in der Art zu vertheilen, daß die Ausgrabungen so viel wie möglich eine zweckmäßige Verwendung finden, und die Transportweiten sich auf ein Minimum reduciren. Die graphische Darstellung des Auf- und Abtrags empfiehlt sich hierbei als besonders zweckmäßig, indem sie nicht allein ein sehr deutliches Bild von den nöthigen Erdarbeiten gibt, sondern auch für die Vertheilung der Erdmassen und Bestimmung der Transportweiten äußerst bequem ist. Die Taf. III. des Straßenbaues gibt deutlich an, wie man aus dem Längenprofil und den Querprofilen einer Straße den Erdbau darstellen kann. Für einen Kanal würde man in gleicher Weise zu verfahren haben.

Eine Ausgleichung des Auf- und Abtrags ist natürlich auch bei einem Kanal anzustreben, doch darf man darin nicht zu weit gehen, um nicht zu große Verlängerungen der Kanallinie zu veranlassen, muß vielmehr die Erdarbeiten so anordnen, daß für gewisse Strecken eine Ausgleichung des Auf- und Abtrags eintritt.

Ueber die Abgrabung und den Transport der Erde ist nichts Besonderes zu erwähnen. Was aber die Bildung des Auftrags betrifft, so ist dabei vorzugsweise auf die Vermeidung der Filtration Rücksicht zu nehmen. Am besten eignet sich eine gewöhnliche Dammerde, aus gleichen Theilen Thon und Sand zusammengesetzt. Ist diese nicht in hinreichender Menge vorhanden, so muß sie wenigstens an gewissen Theilen des Kanalbettes und namentlich in der Mitte der Dämme verwendet werden. Alle fremdartigen Körper müssen aus dem Damme ferngehalten werden; man darf nur reine Erde verwenden, wogegen Rasen, Torf, Holz ꝛc. sorgfältig beseitigt werden müssen. Die Auffüllung darf auch nicht auf den Rasen erfolgen und muß in dünnen Schichten bewerkstelligt werden, die man einzeln durch Handrammen feststampft. Das Zusammendrücken der einzelnen Erdschichten kann übrigens auch dadurch bewerkstelligt werden, daß man eine schwere gußeiserne gereifte Walze über sie rollt, und zwar am besten der

Quere nach. Derselbe Erfolg wird auch herbeigeführt, wenn die Erde auf Wagen oder Karren mit Pferden angefahren wird und man darauf sieht, daß diese Wagen in allen Richtungen auf dem losen, aufgeschütteten Boden bleiben.

Ganz trockene Erde soll zu solchen Auffüllungen nicht verwendet werden, weil sie sich nicht befestigen und auch nicht stampfen läßt.

Der Rasen, welcher vor Beginn der Auffüllung abgestochen wird, ist in Haufen zur Seite aufzustellen, damit er nach der Ausführung der Erdarbeiten zur Bekleidung benützt werden kann.

Findet sich unter dem Rasen gute Dammerde, so ist es zweckmäßig, auch diese auf die Seite zu bringen, um später damit die Böschungen zu bekleiden und dadurch den Graswuchs zu befördern und die Filtrationen zu vermindern.

Wenn man nahe unter dem Wasserspiegel Bankete anbringt, so müssen dieselben mit Sumpfpflanzen bewachsen sein. Die geeigneten Pflanzen sind: die gelbe Schwertel, der Rohrkolben, Kalmus.

Was die Ziehwege betrifft, so erhalten diese nur dann eine besondere Befestigung, wenn das Material des Dammes von der Art ist, daß es die Feuchtigkeit stark anzieht. Diese Befestigung besteht in einer einfachen Beschotterung, welche zuweilen durch Bordsteine, die zugleich die obern Kanten bilden, begrenzt sind.

Neben solchen Kanälen, welche in sehr sumpfigem Boden ausgehoben sind, genügt eine leichte Schotterdecke gewöhnlich nicht, indem sie sich in den Boden eindrückt; hier handelt es sich darum, irgend eine dünne Decke zu bilden, die nicht so stark auf dem Boden lastet, daß sie darin versinkt, aber doch hinreichend fest ist, um Menschen und einzelne Pferde zu tragen. Wenn Menschen den Leinenzug ausüben, so genügt es, eine leichte Faschinenpackung anzubringen; für Pferde wird entweder auf diese noch eine Kiesdecke gelegt, oder man macht eine Aufschüttung von Muscheln oder Kies und legt darauf eine Bruch- oder Backsteinabpflasterung.

Auch die Dossirungen des Kanalbettes bedürfen häufig einer besondern Befestigung. Dieselbe kann entweder in einer Faschineneinfassung oder in einer gewöhnlichen Abpflasterung bestehen, welche letztere sich mit ihrem Fuße zuweilen gegen eine Reihe von stärkeren Pfählen stützt.

Von größerer Bedeutung werden die Erdarbeiten, sobald große Einschnitte und hohe Auffüllungen vorkommen.

Die Art und Weise, wie bei der Ausführung verfahren wird, und wie man zu Werke gehen muß, um das Einstürzen der Dossirungen zu verhindern, wurde in den §§. 169 und 170 der allgemeinen Baukunde bereits mitgetheilt.

§. 64.

Dichtung der Kanäle.

So nothwendig es ist einen Kanal zu speisen, eben so wichtig ist es auch denselben wasserdicht zu erhalten und hauptsächlich die Filtrationen zu verhindern. Zu starke Wasserverluste durch Filtrationen stören nicht nur die Schifffahrt, sondern sind auch den nebenliegenden Feldern sehr nachtheilig.

Die Mittel zur Beseitigung solcher Uebelstände sind verschieden und richten sich nach der Beschaffenheit des Untergrundes.

Die Stelle, wo der Kanal am undichtesten ist, läßt sich oft durch den bloßen Augenschein erkennen, indem sich entweder im Wasser ein kleiner Wirbel oder ein Trichter bildet, oder auf der Sohle des Kanals gewisse Bewegungen der Sandkörnchen bemerkbar sind, oder endlich das umgebende Erdreich naß und feucht ist. Wenn jedoch der Untergrund kiesig und der Stand des Grundwassers sehr tief ist, bleibt die Auffindung der undichten Stellen äußerst schwierig, und hat man kein besseres Mittel als die Beobachtung des Wasserstandes bei eingestellter Schifffahrt und geschlossenen Thoren. Senkt sich der Wasserspiegel einer Haltung in 24 Stunden höchstens um 0·03 bis 0·04 Mtr., so kann diese als hinreichend wasserdicht betrachtet werden. Ist die Senkung aber bedeutender und ist also eine Dichtung der Haltung nothwendig, so bleibt kein anderes Mittel, die undichte Stelle zu finden, als die Zerlegung der Haltung in mehrere Abtheilungen. Man führt zu diesem Zwecke mehrere Fangdämme durch den Kanal aus und bringt in allen gewisse Vorrichtungen an, wodurch die Verbindungsöffnungen schnell geschlossen werden können.

Während letztere sämmtlich noch frei sind, beobachtet man den Wasserstand in allen Abtheilungen, und überzeugt sich, daß er bei dem dauernden Zuflusse sich als Beharrungszustand darstellt. Sperrt man nun gleichzeitig alle Oeffnungen und beobachtet in gewissen Zwischenräumen den Wasserstand, so wird man sogleich diejenige Abtheilung erkennen, in welcher die starken Wasseradern liegen, denn in dieser wird der Verlust am größten sein. Man wird daher eine Verdichtung darin vorzunehmen haben. Stellen sich die Verluste in allen Abtheilungen gleich groß, so ist die ganze Haltung zu verdichten.

Eine schon in früheren Zeiten oft angewendete Verdichtungsmethode besteht darin, daß man trübes, schlammiges Wasser in die Haltung eintreten läßt; wenn sich der Schlamm in die Poren des Kanalbettes hineinzieht, bewirkt er eine Verdichtung, die jedoch nicht immer von sicherem Erfolge begleitet ist. Das trübe Wasser erhält man gewöhnlich aus Bächen oder Flüssen zur Zeit ihrer Anschwellung; zuweilen sucht man es auch dadurch zu erhalten, daß man in einem Bache die Sohle mit großen Rechen aufrührt, oder das Wasser in dem Kanal selbst mit einem Zusatze von fettem Thon oder Lehm trübe macht. Am Donau-Main-Kanal fand Pechmann folgendes Verfahren sehr wirksam: Der Thon wurde in den Kanal gebracht und nachdem das Wasser eingelassen war mit einer Egge gehörig zertheilt.

Am Kanal von Bourgogne nahm man statt Thon feinen Sand; dieser Sand wurde in einem Boote über die undichte Stelle gebracht und daselbst mit einer geeigneten Schaufel ausgestreut.

Auch eine Mengung von Sand und Thon hat sich bei dem Kaledonischen Kanale als sehr wirksam erwiesen. Die zweite Methode der Verdichtung besteht darin, daß man die Sohle und die Dossirungen des Kanals mit einem Thonschlage überdeckt. Fig. 15, Taf. XVII. Ganz reiner Thon und besser Thon mit etwas reinem Sande vermengt, wird in dünnen Lagen von 0·06—0·09 Mtr. Stärke

aufgebracht und festgestoßen. Bevor man eine neue Lage auflegt, wird die untere mit Kalkwasser angefeuchtet. — Am Kanal du Centre, wo man diese Methode anwendete, erwies sich dieselbe insofern nicht als zweckmäßig, weil die frühern Filtrationen nach fünf Jahren schon wieder von Neuem eintraten. Minard vermuthet, daß dieses von dem Austrocknen und der dabei erfolgten Bildung vieler Spalten herrühre, während der Kanal behufs der vorzunehmenden Reparaturen trocken gelegt wird. Auch beim Rhein-Rhone-Kanal zeigte diese Methode keinen nachhaltigen Erfolg. Derselbe wurde indeß erreicht, als man dem Gemenge von Thon und Sand noch etwa den dritten Theil groben Kies zusetzte, und außerdem die einzelnen Schichten mit dünnflüssigem Kalk begoß. Die Stärke des Bettes war 0·3 Mtr. und dasselbe bestand aus vier Lagen. In die obere Lage wurden noch Steine eingerammt, welche jedoch nicht dicht aneinander lagen. Endlich wurde noch eine dünne Lage Erde darüber geschüttet, damit der so vorbereitete Thonschlag nicht trocknen möchte.

Um die Thonwände der Einwirkung der Sonne zu entziehen, hat man dieselben am Kanal St. Quentin, Fig. 16, hinter die Uferböschungen gelegt und diese letztern mit dem gewöhnlichen Boden hergestellt. Diese Methode bewährte sich indeß nicht so gut, als die vorhergehende.

Die in England zum Dichten der Kanalwände üblichen Thonwände oder Puddle-Wände bestehen ebenfalls aus einem Gemenge von Thon und Sand oder Kies. Dieses Gemenge wird sehr stark mit Wasser versetzt und zwischen festgestampfte Erdwände eingeschlossen. Die Zubereitung desselben erfolgt in derselben Weise, wie Mörtel angemacht wird, entweder auf einem hölzernen Boden oder in einem Kasten. In kiesklüftigem Felsboden, wo die Wasserverluste sehr bedeutend zu sein pflegen, ist die Anwendung eines Thonbettes von wenig Erfolg. In diesem Fall erscheint es angemessener, eine vollständige Uebermauerung oder Bètonirung der Sohle vorzunehmen.

In beiden Fällen ist es zweckmäßig, das Mauer- und Bètonbett durch eine darüber gelegte Erdschicht gegen den Einfluß der Witterung und selbst gegen äußere zufällige Beschädigungen zu sichern, wie dieß am Kanal du Centre aus Fig. 17, und am Kanal St. Quentin aus Fig. 18 zu ersehen ist. Die Stärke des Bètonbettes genügt mit 0·15 bis 0·3 Mtr., bei einer 0·3 Mtr. hohen Ueberdeckung von Erde. Wird statt Bèton ein Backsteinmauerwerk angewandt, so genügt eine Stärke desselben von 0·35 Mtr.

In solchen Kanalstrecken, wo das Grundwasser zu gewissen Zeiten sich über den Horizont der Kanalsohle erhebt, indem es von dem Wasserstande eines benachbarten Flusses abhängt, würden die Quellen einen Druck von unten nach oben auf die Bètonlage ausüben und Veranlassung zur Bildung von Wasseradern geben. Um dieses zu verhindern, stellte man absichtlich bei dem Rhein- und Rhone-Kanal weit geöffnete Verbindungen zwischen dem Kanal und dem Grundwasser dar, indem man Tonnen ohne Boden in die Kanalsohle eingrub, deren oberer Rand mit der beabsichtigten Höhe des Bètonbettes übereinstimmte. Nach vollständiger Erhärtung des Bètons wurden diese Tonnen mit Klappen geschlossen; trat nun ein starker Druck von unten her ein, so öffneten sich diese und der Druck gegen das

Bètonbett verschwand. Auch der Fall kann zuweilen eintreten, daß man die Sohle mit einer Bètonlage, die Seitenwände dagegen mit Mauern dichtet. Solche Kanalstrecken erleiden gar keine Verluste durch Filtrationen. Zieht ein Kanal an einem Abhange hin, welcher Quellen enthält, so sind Abrutschungen zu verhindern. Am Kanal de Berry hat man die Quellen in einem mit Kies angefüllten Graben, Fig. 19, Taf. XVII., gesammelt und von da aus durch Dohlen in das Thal abgeleitet.

§. 65.

Schiffs- oder Kammerschleusen.

Die wichtigsten Kunstbauten eines Kanals sind die Kammerschleusen. Sie dienen zur schiffbaren Verbindung zweier nebeneinander liegender Wasserflächen von verschiedener Höhe.

Die Erfindung der Kammerschleusen gehört zu den größten, die in dem Gebiete des Wasserbaues jemals gemacht wurden. Die beiden Länder, welche die Erfindung in Anspruch nehmen, sind Holland und Italien. Belidor sagt: der berühmte holländische Ingenieur Simon Stevin sei der Erste gewesen, der im Jahr 1618 über Schiffsschleusen geschrieben und den Gegenstand als ganz neu dargestellt habe. Wiebeking behauptet dagegen, daß Kammerschleusen schon viel früher in Holland üblich waren. Nach ihm hätte bereits Wilhelm II. im Jahre 1253 die Genehmigung zum Bau einer solchen Schleuse bei Spaarndam ertheilt und selbst schon 1220 sollen Schleusen bei Amsterdam existirt haben.

Andererseits hat man nach Frist angenommen, daß die erste Schiffsschleuse im Jahre 1481 an der Brenta in der Nähe von Padua erbaut sei, und sicher ist, daß sogar Alberti im Jahre 1452 dem Pabste Nikolaus V. ein Werk überreichte, worin eine genaue Beschreibung der Kammerschleusen war.

Man unterscheidet bei einer Kammerschleuse drei Hauptheile, nämlich die beiden Häupter, das Ober- und Unterhaupt, und den mittlern Raum, worin die Schiffe liegen, welchen man die Kammer nennt.

Die Häupter erhalten Oeffnungen von solcher Weite, daß die größten Schiffe, die durchgehen sollen, kein Hinderniß finden. Diese Oeffnungen werden durch Thore geschlossen, die sich gewöhnlich um verticale Achsen drehen und Stemmthore heißen, weil zwei Thorflügel sich gegeneinander stemmen.

Die Dimensionen der Kammer müssen den größten Fahrzeugen, welche die Schleuse benützen sollen, entsprechen, und außerdem noch einigen Spielraum lassen. Gewöhnlich werden die Schleusen nur für ein Schiff gebaut, indeß gibt es auch solche für zwei und mehrere Schiffe, die man Doppelschleusen und Kesselschleusen nennt.

Diese Doppelschleusen werden nicht nach der Länge, sondern nur nach der Breite vergrößert, und erhalten an den Häuptern Oeffnungen für den Durchgang eines Schiffes. Diese Oeffnungen hat man häufig in die Achse der Schleuse gerichtet, hatte aber dabei den Nachtheil, daß die Breite derselben größer sein mußte als die der beiden Schiffe, weil das zweite Schiff beim Einfahren, und ebenso das erste beim Ausfahren eine schräge Stellung anzunehmen gezwungen war.

Um eine solche Verbreiterung zu vermeiden und also auch die Anlagekosten zu verringern, versuchte man es, die Schleusenhäupter auf die gleiche Seite der Achse zu legen und so die Schleuse selbst nur nach einer Seite hin zu verbreitern. Hierdurch entstand aber wieder der Nachtheil, daß dasjenige Schiff, welches zuerst in die Kammer eintrat, warten mußte, bis das nachkommende ausgefahren war. Um die Streitigkeiten zu vermeiden, welche aus diesem Grunde zwischen den Schiffern zu entstehen pflegen, versetzte man die Häupter der Schleuse in der Art, daß sie in Bezug auf die Achse symmetrisch, aber auf entgegengesetzter Seite lagen. Dasjenige Schiff, welches zuerst hineinfährt, wird sogleich seitwärts geschoben und dadurch vor die Oeffnung gebracht, durch welche es herausfährt; es verläßt somit zuerst die Schleuse.

Zuweilen ist die Anordnung auch so getroffen, daß zwei Schleusen, eine große und eine kleine, nebeneinander liegen; die erstere dient alsdann für die größten Schiffe, z. B. Kauffahrteischiffe und Kriegsschiffe, die letztere für die gewöhnlichen Kanalschiffe. — Nord-Holland-Kanal. — Diese Anordnung ist zwar kostspielig, allein es wird bei dem gewöhnlichen Verkehr das Durchschleusen beschleunigt und der Wasserverbrauch vermindert.

Endlich ist noch diejenige Anordnung zu erwähnen, wo die Schleuse die Breite für ein Schiff hat, aber für längere und kürzere Schiffe mit zwei Unterhäuptern versehen ist. — Donau-Main-Kanal. — Nach diesen allgemeinen Anordnungen der Schleusen gehen wir an die Bezeichnung der einzelnen Theile derselben. Die Fig. 1, 2 und 3, Taf. XVIII., geben Längenschnitt, Grundriß und Querschnitt einer einfachen massiven Schleuse. Der Boden des Oberhaupts heißt **Oberboden**, der des Unterhaupts und der Kammer **Unterboden**. Zwischen beiden liegt der Abfallboden, der jedoch, wenn er lothrecht ansteigt, wie in Fig. 1, im Grundriß nicht sichtbar ist. In jedem der beiden Häupter unterscheidet man die **Thorkammern**, worin die Thore sich bewegen. Oberhalb der Thorkammerböden liegen die **Vorböden** und unterhalb derselben die **Hinterböden**. Die Vorböden nebst den dazu gehörigen Mauern haben nur die Anbringung der **Dammfalze** zum Zweck, damit man bei vorkommenden Reparaturen einzelne Schleusentheile durch Einlegen von Dammbalken wasserdicht abschließen kann. Die Hinterböden dienen zu dem gleichen Zwecke und zur Verstärkung der **Unterdrempel** oder Schlagschwellen, gegen welche sich die Unterthore anlegen.

Die Schleusenkammer, oder der Raum, worin die Schiffe liegen, während sie gesenkt oder gehoben werden, beginnt schon am Fuße des Abfallbodens und erstreckt sich bis zur untern Thorkammer. Der Vorboden des Unterhauptes gehört also ebensowohl zu dem letztern, wie zur Kammer, und ist von dieser durch nichts getrennt, wird aber doch als besonderer Theil der Schleuse angesehen, weil sich gewöhnlich Dammfalze darin befinden. Die Dammfalze im Ober- und Unterhaupt sind bei massiven Schleusen nicht nur in den Seitenmauern, sondern auch in dem Boden eingeschnitten.

An beiden Seiten der Thorkammer sind die **Thornischen**. Diese müssen so tief sein, daß von dem geöffneten Thor kein Theil vor die Mauerflucht fällt. Der Theil der Thornische, worin die Wendesäule des Thors sich dreht, heißt **Wendenische**.

Die Stemmthore lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, unten gegen die Schlagschwellen, und werden durch den Druck des Oberwassers an die Wendenischen, die Schlagschwellen und aneinander so fest gepreßt, daß eben hierdurch der wasserdichte Schluß sehr befördert wird. Ein Oeffnen der Thore bei ungleichem Wasserstande vor und hinter demselben würde schwierig sein und hätte den Nachtheil, daß das Wasser plötzlich in die Kammer oder von dieser in den Unterkanal stürzen würde; man bringt daher entweder in den Thoren selbst Oeffnungen an, die mit Ziehschützen geschlossen werden können und durch welche der Stau von dem einen Thorpaare auf das andere allmählig übertragen, oder wenn sie gefüllt ist, bis zum Spiegel des Unterwassers entleert werden kann, oder bringt zu diesem Zwecke überwölbte Kanäle an, die zur Seite der Thore liegen und gleichfalls durch Schützen oder Klappen in Wirksamkeit gesetzt werden, und welche Umläufe heißen. Fig. 8—10 und 11—13.

Die Treppen auf den Schleusenmauern dienen bei der verschiedenen Höhe der Mauern zur bequemen Communication, Fig. 6, Taf. XXV. Bei Kanalschleusen liegt das Oberhaupt in gleicher Höhe mit der Kammermauer und dem Unterhaupte, wodurch die Treppen entbehrlich werden. Fig. 1, Taf. XVIII.

Sorgfältige Ueberlegung erfordert die richtige Anordnung der Höhenlage der verschiedenen Schleusentheile. Sämmtliche Böden müssen so tief liegen, daß selbst beim Eintritt des niedersten Wasserstandes die Schiffe darüber gehen können. Gewöhnlich ist der niederste Wasserstand durch vieljährige Beobachtungen bestimmt und kennt man auch den Tiefgang der Schiffe; es läßt sich somit die Höhenlage der Böden mit Sicherheit angeben. Bei Flußschleusen ist es indeß rathsam, die Böden noch etwas tiefer zu legen, als gerade der niederste Wasserstand es bedingt, damit bei zufälligen Aenderungen die Verhältnisse der Schifffahrt nicht unterbrochen werden.

Nach der Höhe der höchstliegenden Theile des Bodens, oder der Drempel, richtet sich die Höhe der Thorkammerböden. Die Hinterböden in beiden Häuptern liegen mit den Schlagschwellen in gleicher Höhe.

Der Vorboden des Oberhauptes liegt gewöhnlich in gleicher Höhe des Thorkammerbodens.

Anders gestalten sich aber die Höhenverhältnisse, wenn der Oberboden in Holz ausgeführt wird. Zur Schonung desselben legt man ihn bis unter das niederste Unterwasser und läßt entweder zur Begrenzung des Oberkanales die untersten Dammbalken im Vorboden des Oberhauptes liegen, oder stellt eine Fallmauer auf, gegen welche sich die Erde lehnt. Die Oberthore erhalten in dem Falle die gleiche Höhe, wie die Unterthore, was den Vortheil hat, daß bei der tiefen Lage der Schützöffnungen das Oberwasser ruhiger in die Kammer eintritt und auch die Füllung derselben etwas weniger Zeit erfordert, indem mehr Druckhöhe vorhanden ist.

Die Höhe der Schleusenmauern hängt vorzüglich von der Höhe des höchsten Wasserstandes ab, wobei die Schifffahrt noch ausgeführt werden darf.

Da bei gefüllter Schleuse die Unterthore das Oberwasser begrenzen, so muß die Höhe derselben dem höchsten schiffbaren Oberwasserstande entsprechen.

Für die Oberthore genügt indeß diese Höhe noch nicht, denn der höchste schiffbare Wasserstand pflegt in der Regel bei einem Strom noch bedeutend unter dem absolut höchsten Wasserstand zu liegen, und da eine Durchströmung der Schleuse möglichst verhindert werden soll, so muß das Oberhaupt auch entsprechend erhöht werden.

In solchen Fällen aber, wo diese Erhöhung nur selten nothwendig wird, werden besondere Thore über den gewöhnlichen Oberthoren angebracht, welche Sturmthore heißen, da sie nur bei Seeschleusen vorzukommen pflegen. Bei Kanalschleusen, wo der Wasserspiegel immer auf gleicher Höhe erhalten wird, kommen solche Erhöhungen des Oberhauptes oder der Thore nicht vor.

Nur bei den Einmündungsschleusen in der Nähe des Stromes hat man den Eintritt des Hochwassers in den Kanal durch ein drittes Thor zu verhindern, welches sich gegen den Strom stemmt, und man nennt dasselbe Fluththor.

In manchen Fällen darf die Schifffahrt auch während des höhern Wasserstandes im Strome nicht unterbrochen werden, und die Schleuse muß ebenso wohl benutzt werden können, wenn der Wasserstand im Strom, als wenn der Wasserstand im Kanal der höhere ist. Ein solches Bedürfniß tritt bei tiefliegenden eingedeichten Niederungen häufig ein, oder wenn zwei Ströme miteinander verbunden werden sollen, welche zu verschiedenen Zeiten ihre höchsten Wasserstände haben, wie dieß bei der Hafenschleuse in Mannheim der Fall ist, wovon auf Tafel XXV. die nöthigen Zeichnungen enthalten sind, und die Schleusen erhalten alsdann in jedem Haupte 2 Thor-Paare, die in entgegengesetzter Richtung sich öffnen.

Zur Verdeutlichung der Anordnung der Schleusen in verschiedenen Ländern, geben wir auf Taf. XVIII. durch die Fig. 1, 2 und 3 eine französische Schleuse; durch die Fig. 4, 5, 6 und 7 eine Schleuse des Donau-Main-Kanals und auf Taf. XIX., Fig. 11, einen Querschnitt der von Telfort in der Nähe von Beeston-Castle ausgeführten gußeisernen Schleuse.

Was endlich das Gefälle einer Schleuse betrifft, so ist dieses von dem des daneben liegenden Wehres abhängig. Bei Kanalschleusen kann man diesem Gefälle eine beliebige Größe geben, indem die Anzahl der Schleusen, auf welche das ganze Gefälle des Kanales vertheilt wird, innerhalb gewisser Grenzen gleichfalls beliebig angenommen werden darf. Schleusengefälle von 1·8 bis 2·4, wohl auch bis 3·6 Mtr. sind die gewöhnlichsten. Werden die Gefälle größer, so wendet man gekuppelte Schleusen an, d. h. man legt mehrere Schleusenkammern dicht nebeneinander und trennt dieselben nur durch einzelne Häupter, so daß jedes Unterhaupt der einen Kammer zugleich Oberhaupt der nächstfolgenden ist. Wenn gleichwohl solche Anordnungen den Wasserverbrauch vermehren, so sind sie doch in gewissen Fällen nicht zu umgehen.

Bei sehr großen Gefällen endlich hat man in England Schleusen mit beweglichen Kammern construirt, von welchen später weiter die Rede sein wird.

§. 66.

Die Schleusenkammer.

Die Schleusenkammer besteht aus dem Kammerboden und den Kammerwänden. Die Kammerwände sind entweder von Holz oder Stein, nur selten von

Gußeisen. Die hölzernen Wände haben immer den Nachtheil, daß sie nicht wasserdicht sind, also bei jedem Füllen und Leeren der Kammer das Wasser in die Hinterfüllungserde hinein- oder heraustritt und im letzten Falle einen Theil derselben fortspült, woher unaufhörlich Einsenkungen neben den Schleusen zu entstehen pflegen. Dazu kommt noch, daß Reparaturen sehr häufig nothwendig werden, indem ein Theil des Holzwerkes abwechselnd naß und wieder trocken wird.

Die gewöhnliche Construction der Kammerwände stimmt mit der der Bohlwerke nahe überein. Bei den holländischen Schleusen sind aufgesetzte Wände ganz gewöhnlich. Dieselben bestehen dort häufig aus zwei übereinander stehenden Wänden, welche durch eine Schwelle von einander getrennt sind, die in der Höhe des Unterwassers liegt. Fig. 1 und 1 a, Taf. XIX., zeigt diese Anordnung. Dieselbe hat den Vortheil, daß die Verbandstücke, welche am meisten leiden, sehr leicht erneut werden können.

Die massiven Kammermauern sind gewöhnliche Ufermauern und es gelten daher für diese dieselben Regeln, welche früher in der Allg. Baukunde angegeben wurden. Eine sorgfältige Ausführung ist indeß bei solchen Mauern besonders zu empfehlen, da sie sonst durch den abwechselnden Wasserstand ebenfalls bedeutend Noth leiden würden. Am besten eignen sich zur Ausführung der Mauern behauene Werkstücke, die in hydraulischen Mörtel versetzt werden; dieselben brauchen keine zu großen Dimensionen, auch ist es nicht nöthig, daß alle Schichten gleiche Höhe haben. In Ermanglung solcher Werkstücke eignen sich auch gute Bruchsteine, welche lagerhaft und fest sind, und ist die Verkleidung eines solchen Mauerwerks mit Hausteinen ganz unbedenklich. Kommt es auf eine Kostenersparung an, so können die Mauern unbeschadet der Solidität ganz aus lagerhaften Bruchsteinen ausgeführt werden, und es ist nur nöthig, zu den Wendenischen Werkstücke zu nehmen.

Selbst gebrannte Steine können zu den Schleusenmauern verwendet werden, und ist dieß sogar in Holland ganz gebräuchlich, da dort die Bruchsteine selten, die Backsteine dagegen besonders gut und selbst frostbeständig sind. Auch fehlt es nicht an Beispielen, daß die Mauern aus gebrannten Steinen eine Quaderverkleidung haben; ein ungleiches Setzen der verschiedenen Mauerwerke ist nicht zu besorgen, wenn guter hydraulischer Mörtel verwendet wird.

Die Profile der Schleusenmauern sind verschieden und von denselben Bedingungen abhängig, die für die Ufermauern entwickelt wurden; der häufig eintretende starke Wechsel des Wasserstandes erfordert eine etwas größere Stärke der Schleusenmauern. Minard fand im Mittel die Stärke gleich vier Zehntel der Höhe. Bei den gewöhnlichen Kanalschleusen haben die Mauern an der Vorderseite keine Böschung, da diese die Breite der Kammern unnöthig vergrößern würde und auch die Kanalboote selbst nahe senkrechte Wände haben. Fig. 3 und 6. Taf. XVIII.

Anders ist es bei Seeschiffen, deren Seitenwände nach dem Boden hin bedeutend eingezogen sind, bei diesen können diese Wände entweder ganz gekrümmt oder wenigstens in der Nähe des Bodens geböscht sein, wie Fig. 10 zeigt, und erhalten dadurch eine größere Stabilität.

Mauern mit Strebepfeilern kommen nur in England und Holland vor.

Bei dem häufigen Betreten der Kammermauern ist es nöthig, eine Abdeckung mit besonders festen Deckplatten aufzubringen.

Was nun den Kammerboden betrifft, so besteht dieser entweder aus Holz oder ist massiv von Stein, in jedem Falle muß er möglichst wasserdicht sein, indem entgegengesetzten Falles bei dem wechselnden Wasserstande in der Kammer ein Durchquellen nach der einen oder andern Seite, und wohl bis zur Hinterfüllung der Kammermauern leicht eintreten kann, welches wieder ein Ausspülen der Erde unter der Schleuse und zur Seite derselben, auch wohl größere Uebelstände besorgen läßt. Allerdings haben wasserdichte Boden den Nachtheil, daß sie bei einem Durchquellen des Oberwassers unter die Kammer einen nach aufwärts gerichteten, gewöhnlich sehr starken Druck erfahren, der leicht den Boden heben oder brechen könnte, allein dieser Nachtheil ist weniger erheblich, wie der eines undichten Bodens.

Die massiven Kammerböden sichert man gegen den aufwärts gerichteten Druck, indem man sie mit einem umgekehrten Gewölbe bedeckt. Fig. 3 und 10, Taf. XVIII. Besteht der Boden, worauf die Schleuse gegründet werden soll, aus einem festen wasserdichten Thone oder Lehm, so kann das Bodengewölbe direct darauf gelegt werden. Wenn dagegen der Untergrund mehr aus Sand oder Kies besteht, bedarf er einer künstlichen Befestigung, die sich unter der ganzen Kammer fortsetzen muß. Das gewöhnlichste ist hier eine Bétonlage von etwa 0·9 Mtr. Stärke. Fig. 6 und 7, Taf. XVIII. und Fig. 4 und 5, Taf. XXV.

Besteht der Kammerboden aus Holz, so hat er entweder die Construction eines liegenden oder eines Pfahlrostes, je nach der Beschaffenheit des Baugrundes.

Besonders sind es die amerikanischen Schleusen, bei welchen man einen liegenden Rost gewählt hat, in andern Ländern pflegt man die hölzernen Kammerböden in der Regel auf einen Pfahlrost zu legen, und zwar in Norddeutschland in der durch die Fig. 2, Taf. XIX. dargestellten Weise. Die Pfähle stehen sowohl nach der Länge als nach der Breite der Schleuse in Reihen. Die Entfernung der Querreihen ist etwa 1·2 Mtr. von Mitte zu Mitte, die der Längenreihen ist dagegen unter dem Kammerboden größer, als unter den Mauern, etwa 1·5 Mtr.

Spundwände werden gewöhnlich in neuerer Zeit unter der Kammer nicht angebracht, dagegen sind sie auf den äußern Seiten der Wände sehr zweckmäßig, um die Quellen von außen her abzuschneiden.

Zwischen den Pfählen hebt man auf etwa 0·6 Mtr. den Grund aus und bringt statt dessen einen festen Thonschlag ein.

Der Bohlenbelag unter den Mauern liegt tiefer als derjenige, der den Kammerboden bedeckt. Dieser letztere besteht gewöhnlich aus 0·12 Mtr. starken Bohlen, die mit eisernen Nägeln oder Dübeln von hartem trockenem Holze befestigt werden, und keine besondere Dichtung an den Fugen erhalten.

In Holland werden die Böden möglichst wasserdicht construirt, es müssen daher die Schwellen besonders gut auf die Pfähle niedergehalten werden, die, um ihre Anzahl zu vergrößern, nur eine Entfernung von 0·9 Mtr. von Mitte zu Mitte erhalten, und zwar unter den Seiten-Mauern wie unter dem Boden selbst.

Die Pfähle der einzelnen Reihen werden jederzeit durch Schwellen verbunden, die normal gegen die Achse der Schleuse gerichtet sind und gewöhnlich noch 0·3 Mtr.

weit vor die äußere Fläche der Kammermauern vortreten. Die Pfähle sind mit 0·075 Mtr. starken Zapfen versehen, die bis über die Oberfläche der Schwellen reichen. Die Zapfenlöcher erweitern sich keilförmig nach oben, und nachdem die Schwellen verlegt sind, werden in jeden Zapfen 2 Keile fest eingetrieben. Fig. 3.

Bei größeren Schleusen und in der Regel wenn die Kammern massive Wände haben, legt man über die Querschwellen noch Langschwellen; dieselben fehlen unter den Mauern niemals, wenn sie auch bei kleinen Schleusen im Kammerboden nicht vorkommen. Sie verhindern das Durchdringen kleiner Wasseradern, vertheilen den Druck und verhindern eine Verschiebung der Seitenmauern auf ihrer Basis.

Die Langschwellen müssen, wenn sie unter dem Kammerboden angebracht sind und den Bohlenbelag tragen, ebenso wie die Querschwellen in innige Verbindung mit den Pfählen gesetzt werden. Zu diesem Zwecke wendet man verschiedene Mittel an: eiserne Bolzen mit Widerhaken oder Holznägel, die etwas schräge und zwar zwei an jede Kreuzung eingetrieben werden; in Fällen, die mehr Vorsicht erfordern, stellt man die Pfähle in den einzelnen Reihen etwas weiter auseinander und bringt dafür noch Zwischenreihen von Pfählen an, streckt aber die Schwellen nur über jede zweite Pfahlreihe, und diejenigen Pfähle, welche auf diese Art nicht getroffen werden, dienen zur Befestigung der Langschwellen. Fig. 4, Taf. XIX. Bei den Schleusen des Nordholländischen Kanals legte man die Quer- und Langschwellen so, daß jede Durchkreuzung derselben auf einen Pfahl traf, versah die Pfähle mit quadratischen Zapfen, die durch beide Schwellenreihen reichten, und trieb sie mit Keilen auseinander.

Gewöhnlich haben die holländischen Schleusen einen doppelten Bohlenbelag. Bis zur Höhe derjenigen Schwellen, welche den ersten Bohlenbelag tragen, wird der Raum jedesmal mit einem gut gestampften Thonschlage ausgefüllt. Hierüber nagelt man den ersten Bohlenbelag, aus 0·09 bis 0·12 Mtr. starken Bohlen bestehend, und zwar wird derselbe wasserdicht aufgebracht, also die Fugen mit Werk und Pech kalfatert. Fig. 5 zeigt die Anordnung bei dem Auflegen der Bohlen. Auf diesen Bohlenbelag werden nun noch Streckbalken gelegt und zwar jedesmal in der Art, daß sie genau über diejenigen Schwellen treffen, welche den ersten Belag tragen. Die Befestigung dieser obern Schwellen an die untern geschieht entweder durch Bolzen mit Widerhaken, oder durch Schraubenbolzen, oder endlich durch schwalbenschwanzförmige Dübel von Eichenholz, welche aus 3 Stücken bestehen. Fig. 6.

Die Felder zwischen den obern Balken werden mit Klinkern und Traßmörtel ausgemauert. Die Kammermauern setzen sich unmittelbar darüber fort, der Kammerboden erhält aber noch einen zweiten Bohlenbelag, der gleichfalls kalfatert wird.

§. 67.

Schleusenhäupter.

Die Schleusenhäupter, worin die Thore sich befinden, müssen nicht nur hinreichende Festigkeit haben, um dem Drucke des Oberwassers sicher zu wider-

stehen, sondern sie sind auch möglichst wasserdicht auszuführen, damit nicht etwa zur Seite oder unter dem Boden Quellen sich hindurchziehen, die, abgesehen von dem Wasserverluste, die Erde fortspülen und dadurch den ganzen Bau gefährden können.

Die Häupter haben ebenso wie die Schleusenkammern theils massive und theils hölzerne Boden und Wände. Zuweilen sind auch die Wände nur von Stein und der Boden von Holz, oder ist der massive Boden auf einen Pfahlrost fundamendirt.

Was zuerst die Holzconstructionen betrifft, so findet man verschiedene Anordnungen. Die einfachste Anordnung haben offenbar die amerikanischen Schleusen; hier unterscheidet sich der Boden der Häupter von dem Kammerboden nur dadurch, daß die Querschwellen so nahe wie möglich aneinandergerückt sind und sich gegen eine Spundwand lehnen. Fig. 9 und 10, Taf. XIX. Der im Oberhaupte angebrachte zweite Balkenboden hat vorzüglich nur den Zweck, die Schlagschwellen etwas zu heben und dadurch die Höhe der Thore zu mindern. Die beiden Schlagschwellen a, sowie der Binder b, sind nur durch starke eiserne Bolzen niedergehalten.

Bei den englischen Schleusen werden die hölzernen Drempel gleichfalls nur mit starken Bolzen befestigt. Unter dem Mittelbalken pflegt in der Regel eine Spundwand zu stehen, während häufig die Grundbalken nicht auf Pfählen ruhen, also nur Schwellen eines liegenden Rostes sind. Der Bohlenbelag schließt sich von beiden Seiten an die obere Fläche des Mittelbalkens an, indem er in Falze des letzteren eingereift, und die Anschlagschwellen sind mit Bolzen darauf befestigt.

In Holland, wo die Schleusenböden immer nur aus Holz bestehen, ist man sehr sorgsam, dieselben in den Häuptern recht fest zu verbinden und zugleich so wasserdicht als möglich zu machen. Die Schlagschwellen liegen auch hier gewöhnlich nur auf dem Boden auf, ohne in unmittelbarer Verbindung mit den Spundwänden zu stehen.

Die Anzahl der Spundwände beschränkt sich bei den gewöhnlichen Schleusen auf vier, und zwar sind sie sämmtlich nach der Quere gerichtet. An jedem Ende der Schleuse befindet sich eine, und wieder eine unter jedem Drempel, d. h. unter dem Mittelbalken, der die Schlagschwellen unterstützt. Die in Norddeutschland übliche Constructionsart der hölzernen Böden unter den Schleusenhäuptern rührt noch von Eytelwein her, unterscheidet sich von den beschriebenen Bauarten hauptsächlich dadurch, daß sie eine größere Anzahl von Quer- und Längenspundwänden nöthig macht und die Maßregeln zur Sicherstellung des Baues weiter getrieben sind.

Die Fig. 7 und 8, Taf. XIX., zeigen den Grundriß und Längenburchschnitt eines Unterhauptes; man bemerkt dabei 5 Querspundwände und zwei Längenspundwände, zuweilen werden sogar vier der letztern angewendet, so daß jede Mauer auf beiden Seiten von Spundwänden eingeschlossen ist.

Die Querspundwände, welche Eytelwein angibt, sind folgende:

1) am obern Eingange in die Schleuse vor dem Vorboden des Oberhauptes;
2) zwischen dem Vorboden und dem Thorkammerboden des Oberhauptes;

3) unter den beiden Schlagschwellen;
4) unter dem Mittelbalken;
5) unter dem Abfallboden.

In ähnlicher Weise wiederholen sich die Spundwände im Unterhaupte, nämlich:
6) vor dem Thorkammerboden;
7) unter den Schlagschwellen;
8) unter dem Mittelbalken;
9) eine Spundwand im Hinterboden soll vorzugsweise dazu dienen, den Unterdrempel bis zu größerer Tiefe untermauern zu können;
10) die Spundwand am untern Ende des Unterhauptes.

Die Spundwände 2 und 6 werden als minder wichtig bezeichnet.

Diese sämmtlichen Querspundwände werden mit Fachbäumen versehen, die man nicht mit Bohlen bedeckt, die vielmehr Falze haben, in welche die Bohlen des Schleusenbodens eingreifen und darin mit eisernen Nägeln befestigt sind.

Außerdem ist zu bemerken, daß die sämmtlichen Fachbäume und sonach auch diejenigen, welche die Längenspundwände überdecken, nicht allein auf den Spundwänden ruhen, sondern jedesmal zugleich auf daneben eingerammten Pfählen liegen, von denen sie mit starken Blattzapfen umfaßt werden. Lange Nägel mit Widerhaken sind horizontal durch letztere in die Fachbäume getrieben und stellen die feste Verbindung dar, welche durch das Gewicht der Mauern noch mehr gesichert wird.

Die Grundbalken unter den Häuptern sind, ebenso wie unter der Kammer, zugleich Zangen des Rostes und werden nicht nur auf die Rostschwellen, die sie treffen, sondern auch auf die Fachbäume der Längenspundwände aufgekämmt.

In den Dreiecken zwischen den Schlagschwellen und dem Mittelbalken befinden sich keine Grundbalken, vielmehr werden die Belagsbohlen nur an den Falzen der Fachbäume und des Binders befestigt. Die daselbst befindlichen Pfähle dienen allein zur Unterstützung der benannten Verbandstücke.

Die wichtigsten Theile des Bodens unter den Häuptern sind die Schlagschwellen in ihrer Verbindung mit dem Mittelbalken.

Beide werden aus so hochkantigem Holze gemacht, daß nicht nur der Bohlenbelag des Thorkammerbodens in der Höhe der Grundbalken in sie eingefalzt wird, sondern sie außerdem die ganze Höhe des Anschlags darstellen, welche etwa 0·27 Meter beträgt.

Sowohl der Mittelbalken als die Schlagschwellen ruhen auf Spundwänden und werden außerdem von den dazwischen eingerammten Spitzpfählen unterstützt; ihre Verbindung geschieht theils durch Zapfen, welche oben an die Spunden angeschnitten sind und nur in entsprechende Ruthen der Schwellen eingreifen, theils aber treten in Abständen von etwa 1·2 Mtr. einzelne Zapfen bis zu der oberen Fläche der Fachbäume, die durch Keile auseinander getrieben werden.

Die Thore lehnen sich, wenn sie geschlossen sind, mit dem unteren Rande nicht allein gegen die Schlagschwellen, vielmehr setzt sich der Anschlag fort bis tief in den Mittelbalken, so daß die Pfanne, worin der untere Thorzapfen steht, in den Mittelbalken selbst eingelassen werden kann.

Die Verbindung des Drempels muß möglichst fest sein und wird dieses nur durch sorgfältige Bearbeitung aller Theile und scharfes Aufpassen derselben erreicht werden.

Die Zapfen der Spundwände, Ruthen und Zapfenlöcher werden gut getheert.

Der Boden jedes Hauptes wird unter dem Bohlenbelage ausgemauert. Der Bohlenbelag ist gewöhnlich in der ganzen Ausdehnung der Häupter doppelt, und die Bohlen jeder Lage sind gefalzt oder mit halber Spundung versehen. Außerdem werden sie getheert. Die untere Bohlenlage besteht gewöhnlich aus 0·09 Mtr. starken kiefernen, und die obere aus 0·06 Mtr. starken eichenen Bohlen.

Wenn die Schleusenhäupter steinerne Böden haben, so ist die Fundirung derselben wieder sehr verschieden, je nach der Beschaffenheit des Baugrundes.

In Norddeutschland ist es gebräuchlich, die Schleusenböden auf Pfahlroste zu legen. So sehen wir auf Taf. XVIII., Fig. 11, 12 und 13, das Oberhaupt der Brieskower Schleuse im Friedrich-Wilhelms-Kanal, die im Jahre 1826 und 1827 erbaut wurde. Man sieht hieraus, daß 6 Längen- und 4 Querspundwände vorhanden sind. Das Unterhaupt dieser Schleuse ist gleichfalls mit einem massiven Boden versehen, der jedoch in der Thorkammer nur 0·6 Mtr. stark ist. Unter demselben befinden sich nur 4 Längenspundwände, weil daselbst keine Umläufe vorhanden sind. Die Anzahl der Querspundwände ist dagegen eben so groß, wie im Oberhaupte.

Bei den holländischen, französischen und englischen Schleusen, welche massive Böden haben und wegen ungenügender Festigkeit des Bodens auf Pfahlrosten stehen, ist die Anordnung viel einfacher. Oft zieht sich der Rost ohne Unterbrechung und in gleicher Höhe unter der ganzen Schleuse fort, besonders wenn auch die Kammer mit steinernem Boden versehen ist, oder wenn der Oberboden ziemlich viel höher als der Kammerboden liegt. Häufig ist der Rost unter den Häuptern in größerer Tiefe ausgeführt, als der der Schleusenkammer, und zwischen beiden befindet sich alsdann eine Spundwand, während unter jedem Drempel eine solche in gerader Linie quer durch die Schleuse gezogen ist. Auch kommt es zuweilen vor, daß nur die Häupter auf Pfahlrosten stehen, während die Kammer unmittelbar auf dem natürlichen Boden ruht. — Kaledonischer Kanal. —

In den meisten Fällen, namentlich bei den kleinern Kanalschleusen in England und Frankreich, wendet man statt des Pfahlrostes eine Bétonlage an; es hat dieß den besondern Vortheil, daß der Zudrang des Wassers in die Baugrube wesentlich vermindert wird, während er häufig durch das Einrammen der Pfähle zunimmt.

Das Material zu den massiven Böden und der Häupter besteht häufig in Bruch- oder Backsteinen, es werden alsdann nur zu den Schlagwellen, der Begrenzung des Bodens vom Eingange der Schleuse und zu den vortretenden Kanten, wozu auch die Rinne unter den Dammbalken gehört, Werkstücke verwendet. Die Steine, welche im Eingange der Schleuse den Boden begrenzen, bilden ein scheitrechtes Gewölbe, welches das Ausstoßen einzelner Steine verhindert. Fig. 2, Taf. XVIII.

Auch die steinernen Drempel sind so zusammengesetzt, daß sie einen horizontalen Bogen bilden; man nimmt dazu die besten Werkstücke. Um den Schluß der Thore eben so dicht zu machen, wie bei hölzernen Schwellen, und um ein Absprengen der Kanten zu verhindern, verkleidet man den massiven Drempel mit hölzernen Schlagschwellen, die, sobald sie schadhaft werden, leicht durch neue ersetzt werden können.

Auch an den Schleusenwänden der Häupter kommen einzelne Stellen vor, die einige Berücksichtigung verdienen. Es sind dieß die Thornischen, die Dammfalze, die Ecken an den Flügelmauern und besonders die Wendenischen, zu denen nur Werkstücke verwendet werden dürfen.

Die Wendenische, oder der Theil der Mauer, wo sich ein wasserdichter Schluß darstellen soll, bildet eine cylindrische Fläche, die in eine sie berührende Ebene übergeht. Eben diese Form hat auch der Theil des Thores, der sich dagegen lehnt, denn das Thor ist an der schmalen Seite als halber Cylinder abgerundet.

Wird die Wendenische in Werkstücken ausgeführt, so pflegt man letztere vor dem Versetzen nur roh zu bearbeiten, und später, nachdem dieser Theil der Mauer ganz beendigt ist, nach einer Chablone und dem Richtscheit auszuhauen.

Nur in Ermangelung von guten Hauptsteinen hat man die Wendenischen auch von gut gebrannten Steinen ausgeführt oder mit eisernen, rinnenförmig gegossenen Platten verkleidet.

Wenn über den zum gewöhnlichen Gebrauch bestimmten Schleusenthoren noch andere, nämlich sogenannte Sturmthore angebracht sind, welche, wenn sie geschlossen, sich an die ersteren lehnen, so müssen dafür besondere Wendenischen eingerichtet werden.

Nachdem von den hölzernen und steinernen Wänden der Schleusenhäupter die Rede gewesen ist, muß noch erwähnt werden, daß in einzelnen, wenn auch seltenen Fällen eiserne Schleusen vorkommen. Telfort baute mehrere solcher Schleusen auf dem Ellesmere-Kanal, die sich gut bewährt haben sollen. Das Grundwerk besteht aus einem leichten Roste, Fig. 11 und 12, Taf. XIX., indem jeder Grundbalken nur durch 2 Pfähle getragen wird. Diese Grundbalken sind oben 4,5 Mtr. von einander entfernt. Die gußeisernen, mit Verstärkungsrippen versehenen Bodenplatten reichen von einer Seitenwand bis zur andern und sind jedesmal 1,5 Mtr. breit, die Seitenplatten dagegen, deren 3 übereinander stehen, sind 4,5 Mtr. lang und so gestellt, daß die Stoßfugen nicht übereinander treffen. Die Verankerung ergibt sich aus der Figur.

In den Häuptern setzt sich dieselbe Anordnung fort, die Thornischen, sowie auch die Wendenischen und Dammfalze sind durch Kröpfung und Krümmung der Seitenplatten ohne Aenderung des Verbandes derselben dargestellt, und ebenso besteht der Abfallboden aus einer gußeisernen Platte und die Drempel bezeichnen jedesmal 2 vorstehende Rippen, zwischen welche die hölzernen Schlagschwellen eingelassen sind.

Bei Behandlung der Wände der Schleusenhäupter sind auch die Umläufe zu erwähnen. Es sind dieß Seitenkanäle, wodurch die Schleusenkammer mit dem Oberwasser, zuweilen auch mit dem Unterwasser in Verbindung gesetzt wird.

Die Vortheile der Umläufe bestehen darin, daß die Kammer schneller gefüllt werden kann, als mit Hülfe der Schützen in den Thoren, und daß das Wasser ruhiger in die Kammer eintritt.

Gewöhnlich und namentlich bei größeren Schleusen gibt man den Umläufen solche Dimensionen, daß bei vorkommenden Reparaturen, oder wenn Reinigungen derselben nothwendig sein sollten, Arbeiter hineingehen können.

So hat die durch Fig. 11, Taf. XVIII., dargestellte Schleuse bei Brieskow Umläufe von 3′ Weite und 4 1/2′ Höhe. Sie bilden überwölbte Kanäle, welche ganz in der Mauer liegen und sich zu beiden Seiten um den Oberdrempel bis zur Schleusenkammer erstrecken. Die beiden horizontalen Theile des Umlaufes sind durch einen senkrechten Schacht untereinander verbunden. In diesem Schacht befindet sich eine verengte Stelle, worin ein gußeiserner Rahmen befestigt ist. Letzterer hat eine quadratische Oeffnung von 2′ Weite, welche mit einer Klappe bedeckt ist, die sich um eine horizontale Achse drehen kann und mittelst einer darüber gestellten Winde gehoben wird.

Wenn man Schütze zum Schließen der Umläufe anwendet, so werden diese am besten in die Thornische gestellt.

Bei gewöhnlichen Kanalschleusen haben die Umläufe zuweilen die Anordnung wie Fig. 8, 9, 10, Taf. XVIII., dabei tritt das Wasser, ehe es in die Kammer gelangt, in einen unter dem Oberhaupte befindlichen überwölbten Raum. Die Umläufe selbst sind entweder aus Werkstücken zusammengesetzt oder bestehen aus gußeisernen Röhren. Ihre Abschließung geschieht durch ein Kegelventil, welches in eine entsprechende Fassung eingeschliffen ist und mit einer Schraubenwinde gehoben werden kann.

Bei den gußeisernen Schleusen, Fig. 11, bestehen die Umläufe ebenfalls aus gußeisernen Röhren. *)

§. 68.

Anordnung der Thore.

Die Verbandstücke der Thore bestehen gewöhnlich aus Holz, doch hat man wegen der Vergänglichkeit desselben mehrfach auch Gußeisen und in neuester Zeit sogar gewalztes Eisen dazu verwendet.

Die einzelnen Theile eines Thores sind folgende: Fig. 1, 1a, 1b, Taf. XX.

Die Wendesäule ab; sie bildet entweder unmittelbar oder mittelst eingesetzter Zapfen die Drehungsachse des Thores, und steht in der Wendenische.

Die Schlagsäule cd; sie steht der Wendesäule gegenüber. Wenn die Thore geschlossen sind, müssen die Schlagschwellen sich scharf berühren und einen wasserdichten Abschluß bilden.

Der Schwellrahmen bd lehnt sich, sobald das Thor geschlossen ist, unmittelbar gegen die Schlagschwellen, an welche er gleichfalls wasserdicht sich anschließen muß. Derselbe bildet mit der Wendesäule, Schlagsäule und dem obern

*) Life of Telfort.

Rahmen den Umfassungsrahmen des ganzen Thores. In manchen Fällen und namentlich bei kleineren Thoren setzt sich der obere Rahmen über die Wendesäule fort, und der über die Schleusenwände vortretende Theil derselben, der Drehbaum genannt, dient alsdann theils zum Oeffnen und Schließen des Thores, theils aber auch zum Gegengewichte, um das Sacken des Thores zu verhindern.

Die Thorriegel rr liegen zwischen dem obern und untern Rahmen parallel zu demselben. Sie sind jene Verbandstücke, auf welchen die Festigkeit des Thores vorzugsweise beruht. Gewöhnlich sind sie bündig mit dem Umfassungsrahmen, doch gibt es auch Thore, wo sie bedeutend auf der nach dem Unterwasser gekehrten Seite vortreten, um durch die größere Holzstärke dem Wasserdrucke einen kräftigen Widerstand entgegenhalten zu können.

Die Strebe ef, welche am Fuße der Wendesäule und im obern Rahmen befestigt ist, hat nur den Zweck, das Sacken des Thores zu verhindern. Sie fehlt daher, sobald dieses Sacken auf andere Weise verhindert ist. Bei sehr breiten Thoren sind oft 2 oder 3 parallele Streben angebracht.

Die Mittelstiele mm dienen nur zur Einfassung der Schützöffnung. Bei den norddeutschen Thoren reichen sie oft bis zum obern Rahmen, allein es ist dieß nicht zweckmäßig, da die Riegel durch die Ueberblattungen nur geschwächt werden.

Sämmtliche Verbandstücke sind mit einer Bekleidung versehen. Die äußere Oberfläche der Bekleidung bildet eine Ebene, oder bei den größern Schleusen in England eine cylindrische Fläche. Dieselbe besteht aus einer einfachen Bohlenlage, und zwar laufen die Bohlen parallel mit der Strebe.

Zum Oeffnen der Schütze in den Thoren dienen die Laufbrücken, welche oben in der Höhe der Schleusenmauern angebracht sind.

Die Wendesäule ruht auf einem eisernen oder stählernen Zapfen, der in einer Pfanne läuft, und wird oben durch ein Halsband gehalten, welches den runden Hals derselben umfaßt.

Um das Sacken des Thores zu verhindern, hat man verschiedene Mittel angewendet, eines ist die Strebe, ein anderes das Zugband, ein drittes die Laufrolle.

Die Thore sind gewöhnlich mit Schützöffnungen versehen. Wenn Umläufe vorhanden sind, so werden diese Schützen entbehrlich.

Die Vorrichtungen zum Oeffnen und Schließen werden später beschrieben werden.

Bevor nun die Construction der Thore beschrieben wird, ist es nöthig, zu untersuchen, welchen Kräften sie Widerstand leisten müssen.

Jedes Thor, mag es ein einfaches oder Steinthor sein, erleidet, wenn es geschlossen und der Wasserstand zu beiden Seiten verschieden ist, in jedem Theile seiner Fläche unter dem Oberwasser einen gewissen Druck, der normal gegen die Fläche gerichtet ist. Der über dem Oberwasser befindliche Theil ist wenigstens unmittelbar keinem Drucke ausgesetzt. Von dem Spiegel des Oberwassers bis zu dem des Unterwassers wächst der Druck mit der Höhe des ersteren, bis er zuletzt der ganzen Niveaudifferenz entspricht. Diese Größe behält der Druck im übrigen Theile des Thores, welches unter dem Spiegel des Unterwassers sich befindet. Der

untere Rand des Thores lehnt sich gegen die Schlagschwelle und überträgt auf diese Art seinen Druck, kann daher bei Beurtheilung der Widerstandsfähigkeit des Thores unberücksichtigt bleiben. Ebenso ist es mit der Wendesäule, welche sich gegen die Wendenische anlegt. Die dem Drucke ausgesetzte Fläche des Thores stimmt also mit der Fläche überein, die auf der Seite des Unterwassers frei ist und vom Oberwasserspiegel begrenzt wird. Die Stärke des Drucks ist auf jedem Theil leicht zu finden. Indem nun bei geschlossenen Thoren auch die Schlagsäulen sich gegenseitig stützen, so ergibt sich, daß vorzugsweise die Querriegel es sind, welche dem Thore die nöthige Festigkeit geben müssen und deren Stärke nach dem Wasserdrucke zu bestimmen ist. Da der Druck in den verschiedenen Höhen eines Thores verschieden ist, so rechtfertigt sich auch die Anordnung, wornach man die Entfernungen der Riegel von oben nach unten abnehmen läßt.

Bei den großen Schleusen in England ist es allgemein üblich, die Riegel dadurch zu verstärken, daß man krumme Hölzer dazu wählt, wodurch die Oberfläche des Thores sich in eine cylindrische Fläche verwandelt. Dem Zerbrechen der Riegel wird hierdurch wohl vorgebeugt, allein man darf nicht übersehen, daß bei einer eintretenden Formveränderung, in Folge eines starken Druckes, die Länge des Thores sich vergrößert, es also einen starken Seitendruck gegen die Wendenische ausübt, dem hinreichender Widerstand geleistet werden muß.

Der aus dem Zusammenstemmen beider Thore entstehende Druck nach der Längenrichtung der Riegel ist sehr bedeutend, und zwar um so stärker, je stumpfer der Winkel ist, den die beiden Schlagschwellen einschließen. Dieser Winkel wurde verschieden angenommen und variirt zwischen 143°8′ bis 148°6′, gewöhnlich ist er 144°44′, was ein Verhältniß der Höhe des Drempeldreiecks zur Schleusenbreite von 1:6 gibt. Schon Brünings gibt dieses Verhältniß 1:6 bis 1:7; Belidor nimmt 1:5; Silberschlag 1:6; Perronet 1:6; Minard 1:7 bis 1:5; Woltman gelangt zu dem Verhältnisse 1:6 auf folgendem Wege: Die lichte Weite der Schleuse sei a, die Wasserhöhe vor dem Thor oder die Differenz der Wasserspiegel sei h, der Winkel, den ein Thorflügel mit der Grundlinie des Drempeldreiecks macht $= \alpha$, so hat man eine Seite des Dreiecks $= \frac{1}{2}\, a \sec \alpha$. Der Wasserdruck auf einen Thorflügel $P = \frac{1}{2}\, a \sec \alpha . h . \frac{h}{2} . \gamma = \frac{1}{4}\, a h^2 \gamma \sec \alpha$, worin γ das Gewicht der Kubikeinheit Wasser bedeutet. Dieser Druck ist somit proportional mit $\sec \alpha$.

Der Widerstand des Thores ist dagegen umgekehrt proportional mit $\sec \alpha$, also direct proportional mit $\frac{1}{\sec \alpha}$.

Der Wasserdruck P bewirkt einen Druck nach der Länge der Thorriegel; der senkrechte Druck auf die Stoßfläche sei $= V$, so hat man

$$P . \tfrac{1}{4}\, a \sec \alpha = V \tfrac{1}{2}\, a \operatorname{tang} \alpha$$

$$V = \frac{P \frac{1}{4}\, a \sec \alpha}{\frac{1}{2}\, a \operatorname{tang} \alpha} = \tfrac{1}{2}\, P \operatorname{Cosec} \alpha.$$

Die Kraft nach der Richtung des Thores ist V Cos α oder $\frac{V}{\sec \alpha}$, und wenn für V obiger Werth gesetzt wird

$$\frac{\frac{1}{2} P \operatorname{Cosec} \alpha}{\sec \alpha} = \frac{\frac{1}{2} . \frac{1}{2} a h^2 \gamma \sec a \operatorname{Cosec} \alpha}{\sec \alpha} = \frac{1}{4} a h^2 \gamma \operatorname{Cosec} \alpha$$

daher proportional mit Cosec α;

der Widerstand dagegen ist proportional mit $\frac{1}{\sec \alpha^2}$.

Der beste Werth von α ist offenbar der, für welchen das Verhältniß der Kräfte zu den Widerständen ein Kleinstes wird, oder die Widerstände durch die Kräfte ein Maximum werden, also $\frac{1}{\sec \alpha . \sec . \alpha} + \frac{1}{\sec \alpha^2 . \operatorname{Cosec} a}$ = Maxim.

Die Gleichung differentirt und das Differential gleich Null gesetzt, gibt

Cosec $\alpha = 3$ und

$\alpha = 19^0 28$, was sehr nahe das Verhältniß 1:6 gibt.

Ist nun dieses Verhältniß gegeben, so läßt sich nach dem Obigen die Längenpressung der Querriegel leicht ermitteln, und es wird sich daraus ergeben, daß die Wendesäule, auf welche der Druck der Riegel sich zunächst überträgt, eine Durchbiegung annehmen müßte, wenn sie nicht unmittelbar von der Wendenische gehalten würde. Eine Berührung des abgerundeten Theils der Wendesäule mit einem Theil der Wendenische ist folglich bei geschlossenem Thore unablässig nothwendig.

Schon Perronet *) hatte beim Bau der Schleusen des Kanales von Bourgogne die Bedingung aufgestellt, daß die Mittellinien der Thore, sobald sie geschlossen, die Wendenischen berühren müßten. Auch an den englischen Schleusen wird diese Regel stets beobachtet und berührt deßhalb auch das Halsband den Zapfen des Thores nur auf der vorderen Seite.

Der Grund, weßhalb man diese Regel zuweilen nicht befolgt hat, ist wohl darin zu suchen, daß man die Reibung zwischen der Wendesäule und der Wendenische vermeiden wollte. Diese Reibung kann nicht so bedeutend sein, da bei der gewöhnlichen Einrichtung der Zapfen, Pfannen und Halsbänder die Thore nicht um eine ganz genau schließende Achse sich drehen, vielmehr sehr bald die Zapfen, sowie auch die Halsbänder sich etwas ausschleifen und die Thore daher nicht mehr scharf an der Wendenische anliegen, sobald der Wasserdruck aufhört. Hiernach ist das in Holland und England übliche Verfahren, wobei die Wendenischen wie die Wendesäulen übereinstimmende cylindrische Flächen bilden und die Drehungsachse mit der cylindrischen Achse zusammenfällt, ohne Nachtheil. Der scharfe Schluß tritt nur dann ein, wenn der Wasserdruck wirksam ist: er fehlt also während der Drehung des Thores, und die Reibung ist sonach in dieser Zeit nicht bedeutend.

Man kann indeß diese Reibung für den größten Theil des Weges, den das Thor bei der Drehung beschreibt, noch dadurch vermindern, daß man die Drehungsachse etwas seitwärts von der Achse des Cylinders anbringt. Das Verfahren ist

*) Perronet's Werke. Paris 1788.

folgendes: Man zeichne das Thor in beiden Stellungen, nämlich während es geschlossen und ganz geöffnet ist, wie Fig. 13, Taf. XIX., in A und B zeigt. In der Stellung B steht es parallel zur Achse der Schleuse, und es ist dabei in dieser Richtung so weit zurückgezogen, als man es zur Verhinderung jener Reibung von der Wendenische entfernen will. Der Mittelpunkt der cylindrischen Fläche der Wendesäule ist dabei von D nach D' gerückt, die Entfernung beider stimmt mit jenem willkürlich gewählten Abstande überein. Damit der Mittelpunkt bei der Drehung des Thores diesen Weg beschreibt, muß die Drehungsachse offenbar in der Senkrechten GH liegen, die man in der Mitte der Punkte D und D' auf deren Verbindungslinien errichtet. Nur in diesem Falle sind die Abstände dieser Punkte vom Drehungspunkte einander gleich. Außerdem müssen aber auch die aus D und D' nach diesem Drehungspunkte gezogenen Linien, also CD und CD' einen Winkel bilden, welcher dem Drehungswinkel des Thores gleich ist, weil bei der ganzen Drehung des Thores der Punkt D nach D' kommen soll.

Um diese letzte Bedingung zu erfüllen, ziehe man die Mittellinien AK und BD des Thores. Der Winkel BDK ist das Complement des Drehungswinkels, und halbirt man denselben durch die Linie DE, so wird C die gesuchte Drehungsachse bezeichnen. Jeder der beiden Winkel bei D und D' in dem kleinen Dreiecke ist nämlich nach der Construction gleich der Hälfte des Complements des Drehungswinkels, der Winkel DCD' stimmt also mit diesem Drehungswinkel überein. Gewöhnlich beschränkt man den Abstand des geöffneten Thores von der Wendenische, oder die Linie DD' auf 0·015 Meter.

§. 69.

Hölzerne Schleusenthore.

Um den hölzernen Thoren eine möglichst lange Dauer zu geben, muß man nicht nur gesunde und recht geradefaserige Holzstücke, sondern diese auch aus Holzarten wählen, die besonders fest sind und beim Wechsel der Nässe und Trockenheit am wenigsten leiden. Die Anwendung des Eichenholzes ist daher ziemlich allgemein, und zwar wird dasselbe nicht ganz ausgetrocknet, vielmehr ziemlich frisch verwendet, damit es sich weniger wirft und verzieht.

Eine Hauptregel bleibt es immer bei der Ausführung eines hölzernen Thores, daß man die Verbindungen so genau als möglich machen soll.

Die Fig. 1, 1a und 1b, Taf. XX., zeigen die Zusammensetzung und Dimensionen der Verbandstücke eines hölzernen Thores für eine Kanalschleuse, und machen jede weitere Beschreibung unnöthig.

Ein anderes Thor an der Hafenschleuse zu Mannheim ist auf Taf. XXV. durch die Fig. 7, 8, 8a und 9 dargestellt. Details der Ziehschütze, Pfanne, Rolle, Halsband, Vorrichtung zum Oeffnen und Schließen der Thore zeigen die Fig. 10 bis 17.

Um das Sacken der Thore zu verhindern, pflegen die französischen Ingenieure fast jedesmal eiserne Zugbänder anzubringen. Fig. 2 und 4, Taf. XX. und Fig. 7 und 8, Taf. XXV.

Das Unterthor einer französischen Kanalschleuse ist durch die Fig. 2 und 2a, Taf. XX., dargestellt.

Die Thore der Schleusen in den französischen Seehäfen werden gegenwärtig nach Art der englischen construirt. Eine besondere Erwähnung verdient die beim Kriegshafen in Cherbourg gewählte Anordnung der Thore. Dieselben bilden an der dem Oberwasser zugekehrten Seite, wie Fig. 10 zeigt, cylindrische Flächen, die Riegel aber sind in der Mitte viel stärker, so daß sie an der innern Seite wieder durch Ebenen begrenzt werden. Die lichte Oeffnung der Schleuse in den Häuptern beträgt 55 Fuß rhein. und jedes Thor ist nahe 32 Fuß oder 10 Meter lang. Der Unterschied zwischen Fluth und Ebbe zur Zeit der Springfluthen beträgt 18 Fuß und erreicht nicht selten die Höhe von 22 Fuß. Um diesem Drucke gehörigen Widerstand zu leisten, sind die Thore dadurch verstärkt, daß in dem untern Theil derselben, nämlich 18 Fuß hoch, 14 solche Riegel unmittelbar aufeinander liegen. Die ganze Höhe des Thores ist 33 Fuß.

Die englischen Schleusen unterscheiden sich wesentlich von den bisher angeführten dadurch, daß, mit sehr seltenen Ausnahmen, jede Verstrebung fehlt. Sie bestehen in der Hauptzusammensetzung nur aus den Wende- und Schlagsäulen und den Riegeln, denn selbst die Ober- und Unterrahmen sind in jeder Beziehung wie die andern Riegel behandelt. Die Bekleidung ist darin nicht eingelassen, sondern überdeckt sie vollständig, wie die andern Riegel, und sind die Bohlen nicht diagonal, sondern senkrecht aufgenagelt. Um nun das Sacken der Thore zu verhindern, sind jedesmal besondere Vorkehrungen getroffen. Bei kleineren Schleusenthoren bestehen diese in der Anbringung des Drehbaumes, Fig. 3, der zugleich zum Oeffnen und Schließen der Thore dient und entweder an sich oder mittelst aufgepackter Steine u. dgl. ein Gegengewicht bildet.

Auch die nordamerikanischen Schleusenthore sind in gleicher Weise construirt. Die Fig. 10, Taf. XIX., zeigt das Thor einer Schleuse am James-River-Kanal.

Bei größern Schleusenthoren, die zum Durchlassen von Seeschiffen dienen, verbietet sich die Anbringung von Drehbäumen, indem solche eine zu große Länge erhalten müßten. Das Sacken des Thores wird alsdann fast jedesmal dadurch verhindert, daß man unter dem untern Riegel ein Rad oder eine Rolle anbringt, die auf einer im Thorkammerboden befestigten Schiene ruht. Fig. 7, 8, 13, Taf. XXV.

Die Thore der englischen Hafenschleusen sind an der vorderen Fläche stets gebogen und haben, wenn sie geschlossen, im Grundriß die Form eines Spitzbogens. Das Maß dieser Krümmung oder das Verhältniß der Pfeilhöhe zur Sehne ist sehr verschieden. Im Allgemeinen ist die Gefahr des Bruches um so größer, je breiter das Thor ist, woher man dieses Verhältniß um so mehr wachsen läßt, je größer die lichte Weite der Schleuse ist.

Barlow bezeichnet für verschiedene Dockschleusen die Krümmungen der Thore. Dieselben bilden jedesmal ein gleichschenkliches Dreieck, in dem jedoch die gleichen Seiten nicht gerade Linien, sondern Kreisbogen sind. Daraus ergeben sich folgende Verhältnisse

a) der Höhe des durch den Drempel gebildeten Dreiecks zur Basis desselben, und
b) der Pfeilhöhe zur Sehne der einzelnen gekrümmten Thore.

	Verhältnisse a.	b.
London-Docks . . .	1:3,1	1:18
Kaledonischer Kanal .	1:4	1:25
Docks von Dundee .	1:5,3	1:40
Westindien-Docks . .	1:4,6	1:38
St. Katharinen-Docks	1:4,1	1:30
Docks zu Sheerneß .	1:3,5	1:12.

Bei der Kostbarkeit des starken Holzes, das zu großen Schleusenthoren erforderlich ist, hat man zuweilen die Riegel aus schwächern Stücken zusammengesetzt. Ein Beispiel hievon bieten die Thore der London-Dock-Schleuse. Jedes Thor ist 31 Fuß engl. hoch und 25 Fuß breit. Die Schlag- und Wendesäulen sind aus Gußeisen dargestellt. Der Schwellrahmen besteht aus einem massiven, nach der Form der Schlagschwelle gekrümmten Balken von 15 Zoll im Gevierte. Die sämmtlichen übrigen Riegel sind aus fünfzölligen Bohlen zusammengesetzt, von denen in den beiden untern Riegeln je 6, in den 7 obern je 3 übereinander liegen. Die Bohlen reichen nicht über die ganze Länge des Thores, sondern sind in jedem Riegel abwechselnd gestoßen und durch hölzerne Dübel und eiserne Bolzen miteinander verbunden.

Schließlich sind noch die Schleusenthore zu erwähnen, welche sich um horizontale Achsen drehen. Dieselben sind in den Schleusen der amerikanischen Kanäle und zwar in deren Oberhäuptern, sehr häufig angebracht; die Fig. 13, 13a und 14, Taf. XX., zeigen ein solches Thor. Dasselbe hat zwei Oeffnungen, die mittelst gewöhnlicher Schütze geschlossen werden.

§. 70.

Eiserne Schleusenthore.

Die ersten eisernen Schleusenthore sind vermuthlich von Telfort und zwar auf dem 1793 begonnenen Ellesmere-Kanale erbaut worden. Die Erfahrung, daß gewöhnliche Thore, selbst aus dem besten Eichenholze, nach wenig Jahren schadhaft werden, indem sie bei dem häufigen Wechsel der Nässe und Trockenheit in kurzer Zeit Noth leiden, gab zunächst die Veranlassung zur Construction dieser Thore.

Die Schleusen des benannten Kanales sind 14 Fuß weit und die Thore in den Oberhäuptern sind in einem Stücke gegossen. Eine gußeiserne Platte ersetzt nämlich die Bekleidung. Statt der Riegel ist sie mit Verstärkungs-Rippen versehen, und die Schlag- und Wendesäule, sowie auch der Schwellrahmen sind gleichfalls durch denselben Guß dargestellt. Die Wendesäule trägt über dem cylindrischen Halse einen starken Ring, in welchen der hölzerne Drehbaum gesteckt ist, der bis zur Schlagsäule reicht. Die Unterthore sind aus einzelnen gußeisernen Verbandstücken zusammengesetzt. Sie haben eine hölzerne Bekleidung und stimmt somit ihre Construction mit der später für gußeiserne Thore allgemein üblich gewordenen wesentlich überein.

Auch am Kanal de Berry in Frankreich hat man gußeiserne Thore ausgeführt, deren Construction aus den Fig. 1—6, Taf. XXI., hervorgeht.

Bei diesen, sowie bei noch andern Thoren ähnlicher Construction, haben sich verschiedene Uebelstände ergeben, die einestheils in der großen Sprödigkeit des Materials und anderntheils in dem Umstande liegen, daß das Gußeisen durch Oxidation Noth leidet und daher nach und nach von seiner ursprünglichen Festigkeit verliert. Die nicht immer zu vermeidenden Stöße beim Gegenfahren der Schiffe oder beim Zuschlagen der Thore, namentlich in den Dockschleusen, können leicht sehr zerstörende Wirkungen äußern, und wenn hölzerne Verbandstücke dabei gleichfalls leiden würden, so ist es doch ein wesentlicher Unterschied, daß das Holz zäher ist, als das Gußeisen. Während das Holz durch einen Stoß etwas zusammengepreßt wird und vielleicht auch einige Fasern zerreißen, bricht das Gußeisen gleich in mehrere Stücke, die Anspannung des Wassers hört auf und es strömt dasselbe heftig durch und verursacht möglicherweise großen Schaden. Im süßen Wasser leidet das Gußeisen zwar weniger durch Oxidation, dagegen ist es im Seewasser einer stets fortschreitenden Veränderung seiner Masse ausgesetzt und verliert endlich in seiner ganzen Stärke den ursprünglichen Zusammenhang. Nach 100 Jahren wird das Gußeisen im Seewasser vollständig graphitartig.

Diese Umstände haben wohl Veranlassung gegeben, daß man in neuerer Zeit bei dem Baue großer Seeschleusenthore das Gußeisen gänzlich vermied, und bei Kanalschleusenthoren nur die Wendesäule und Querriegel von Gußeisen, alle andern Theile von Holz machte.

Die Fig. 5, 5a, 6, 7, 8 und 9, Taf. XX., zeigen die Construction eines solchen Kanalschleusenthores. Die Wendesäule ist hohl und hat ovale Oeffnungen, um das Einsetzen der Bolzen zu ermöglichen. Die Querriegel haben einen T-förmigen Querschnitt und sind mit je 2 Bolzen an die Wendesäule befestigt. Die Schlagschwelle ist von Holz und erhält ihre Befestigung durch eine schmiedeiserne Schiene, mit der sie verbolzt, und welche gegen die Enden der Querriegel abermals mit Schraubenbolzen befestigt ist. Die Bekleidung ist mit vertical gestellten Bohlen gebildet, welche gegen die Querriegel mit Schraubenbolzen festgehalten sind.

Bei mehreren Thoren ähnlicher Art hat man die Bekleidung aus gewalztem Eisen oder Eisenblech gemacht. Dieses Material hat in neuester Zeit noch ausgedehntere Anwendung gefunden. Man hat nämlich nicht nur kleinere, sondern auch größere Seeschleusenthore ganz aus Eisenblech construirt.

Solche Thore gewähren zunächst den großen Vortheil, daß man in der Wahl der Höhe und Breite derselben nicht beschränkt ist, sodann aber, daß das gewalzte Eisen vor dem Gußeisen bei dieser Anwendung den unverkennbaren Vorzug hat, daß es bei zufälligen Stößen und beim plötzlichen Zusammenschlagen der Thore nicht der Gefahr des Brechens ausgesetzt ist.

Andererseits ist es auch nicht zu verkennen, daß das Eisenblech mehr durch Oxidation Noth leidet wie das Gußeisen, und daß es daher nöthig ist, dasselbe fortwährend im Anstrich zu erhalten.

Die Schwierigkeit der Ausführung einer großen Wendesäule von Eisenblech mag Veranlassung gegeben haben, daß größere Dockschleusen, welche sonst ganz

von Eisenblech bestehen, gußeiserne Wendesäulen haben. Bei kleinern Schleusen hat man indeß auch diese von Blech angefertigt, wie dieß aus den Zeichnungen Fig. 8—18, Taf. XXI., welche das Oberthor einer Schleuse des Rhein- und Rhone-Kanals darstellen, ersichtlich ist. Die Bleche sind 0·021 Mtr. stark; die lichte Weite der Schleusenhäupter ist 5·1 Mtr. und das Gefälle 1·5 Mtr.

Auch die Thore vor dem neuen Dock in Bremerhaven sind aus Eisenblech zusammengesetzt. Dieselben schließen eine lichte Oeffnung von 72 Fuß bremisch oder 66 Fuß 6 Zoll rhein.; die Ebbethore sind etwa 30, die Fluththore 40 Fuß hoch. Die Wendesäulen bestehen aus Gußeisen und zwar hat man sie aus einzelnen Stücken zusammengesetzt.

Die zuletzt erwähnten Thore werden größtentheils vom Wasser getragen, indem sie Kasten bilden, welche man entweder ganz auspumpen oder beliebig weit mit Wasser anfüllen kann, um ihnen das nöthige Gewicht zu geben. Sie machen hiernach den Uebergang zu den sog. Pontonthoren, die in der Regel bei den Trocken-Docks vorzukommen pflegen, und freischwimmend wie Schiffe bewegt werden.

§. 71.

Befestigung der Schleusenthore.

Zur Befestigung der Schleusenthore dienen die Pfannen und Halsbänder nebst zugehörigen Zapfen, um welche die Thore beim Oeffnen und Schließen leicht und sicher gedreht werden können.

Die Drehungsachse der Thore fällt in die Wendesäule und stimmt gewöhnlich mit der Achse derjenigen Cylinderfläche überein, nach welcher der hintere Theil der Wendesäule abgerundet ist.

Der untere Zapfen, der das ganze Thor trägt, befindet sich am besten lothrecht unter der Wendesäule. Derselbe ist entweder an der Wendesäule fest und steht in einer auf dem Thorkammerboden befestigten Pfanne, oder das untere Ende der Wendesäule bildet die Pfanne und ruht auf einem festen Zapfen.

Obgleich die erstere Anordnung in Frankreich und Holland noch immer gebräuchlich ist, so hält man sie doch im Allgemeinen für weniger zweckmäßig wie die letztere, weil sich leicht Sand in die Pfanne setzt und dieselbe sowie der Zapfen dadurch beschädigt werden könnte. Fig. 10, Taf. XV. und Fig. 14, Taf. XIX., zeigen diese Anordnung, wobei der Zapfen fest im Boden der Schleusenkammer sitzt.

Von großer Wichtigkeit ist es, daß die Pfanne und der Zapfen aus demselben Metalle bestehe, weil sonst in Folge der Erregung der galvanischen Electricität das umgebende Wasser zersetzt wird, und dasjenige Metall, welches in dieser Verbindung das positive ist, stark zu rosten anfängt. Gewöhnlich sind Zapfen und Pfanne von Gußeisen, nur bei den niederländischen Schleusen hat man Glockenmetall.

Weder die Pfanne noch der Zapfen dürfen für sich eine Drehung annehmen und müssen daher möglichst fest sitzen, die erstere an der Wendesäule, der letztere auf dem Boden.

Die Befestigung der Pfanne an einer hölzernen Wendesäule ist aus Fig. 14, Taf. XIX., ersichtlich. Der Zapfen hat eine längliche Bodenplatte, welche in den Stein eingelassen und mit Blei vergossen ist.

Bei gußeisernen Thoren findet der Schuh eine sichere Befestigung in der Höhlung der Wendesäule. Fig. 6 und 7, Taf. XX.

In den kleinern englischen Kanalschleusen pflegt man nur gußeiserne Platten, in denen eine mäßige Höhlung zur Aufnahme des Zapfens sich befindet, gegen die Wendesäule zu nageln. Eben weil der Zapfen nur wenig eingreift, ist auch die Befestigung der Pfanne solid genug.

Vor dem Einsetzen der Thore pflegt man die Pfannen mit Schmiere zu versehen, indem man sie mit Seife stark ausstreicht.

Was das Halsband des Thores betrifft, so muß dasselbe zunächst so angebracht sein, daß es die Drehung des Thores von der Thornische bis an die Schlagschwelle gestattet, sodann muß es fest genug verankert werden, um den horizontalen Spannungen und Stößen Widerstand leisten zu können. Der horizontale Druck, den das Thor gegen das Halsband ausübt, ist in jedem Falle leicht zu berechnen, indem man das ganze Thor als einen Hebel betrachtet, dessen Drehungsachse in der Pfanne liegt, worin der untere Zapfen eingreift. Bei großen und schweren Thoren wird man diesen Druck sehr bedeutend finden, daher die Verankerung stets sorgfältige Ueberlegung erfordert.

Wenn das Thor geschlossen ist, so muß die Wendesäule sich gegen die Wendenische anschließen, es darf also in diesem Falle keinen Druck auf das Halsband ausüben.

Ferner muß das Halsband so eingerichtet sein, daß es später etwas schärfer angezogen werden kann und bei vorkommenden Reparaturen das Ausheben des Thores gestattet.

Die Fig. 15, 16, 17, 18, Taf. XIX. und Fig. 15, Taf. XXV., zeigen die Construction verschiedener Halsbänder. Sehr zweckmäßig sind die Anordnungen Fig. 16 und 18.

Bei eisernen Schleusenthoren wird die Drehungsachse jedesmal unmittelbar durch den Kopf der Wendesäule gebildet, bei hölzernen muß dagegen, um einer schnellen Abnützung vorzubeugen, der Hals überdeckt oder mit Eisen bekleidet werden. Eine vollständige Bekleidung durch einen festgekeilten Ring ist nicht immer nöthig, vielmehr genügt es die vordere Hälfte des Halses mit einem halben Ring oder einigen eisernen lothrechten Schienen zu bekleiden.

Die Anker, welche meist aus Schmiedeisen bestehen, sind bei kleinern Thoren 0·045 bis 0·06 Mtr. hoch und breit, bei größern dagegen bis 0·12 Mtr. Ihre Länge beträgt im ersten Falle 1·2 bis 1·8 Mtr., im letzten dagegen bis 6 Mtr.

Zur Befestigung der Anker dienen senkrechte Splinte, die fest eingemauert werden.

In England sind gewöhnlich nur die Halsbänder von Schmiedeisen, die Anker dagegen bestehen aus gußeisernen Platten, die mit Bolzen gegen das Mauerwerk niedergehalten werden. Fig. 18, Taf. XIX.

§. 72.

Unterstützung der Thore.

Wenn ein Schleusenthor nur aus den beiden Säulen und den Riegeln und Rahmen zusammengesetzt ist, so ist die Form desselben keineswegs vollständig gesichert und unter dem eigenen Gewichte kann leicht ein Verziehen der rechtwinklichen Verbindung eintreten, wodurch das Thor sich in ein Rhombus verwandelt. Eine geringe Aenderung in dieser Beziehung ist zwar ohne wesentlichen Nachtheil, dagegen pflegt das Verziehen, wenn es bereits eingetreten ist und der weitern Ausdehnung desselben keine Grenze gesetzt wird, schnell zuzunehmen, indem die eisernen Beschläge ꝛc. mit der Zeit immer leichter nachgeben. Es muß daher dieser Bewegung Einhalt gethan werden, damit die Schlagsäule sich nicht so tief herabsenkt, daß sie den Boden berührt und dadurch die Bewegung des Thores unmöglich macht.

Unter den Mitteln, wodurch man dem Sacken der Thore begegnet, ist zunächst die Verstrebung zu erwähnen.

Der Fuß der Strebe ist jedenfalls mit dem Fuß der Wendesäule zu verbinden, ihren Kopf stützt man aber besser gegen den obern Rahmen, als gegen die Schlagsäule. Je steiler die Strebe angebracht werden kann, desto wirksamer ist sie. Sie erfüllt daher bei Thoren, die mehr hoch als breit sind, am besten ihren Zweck, Fig. 1, 1a, 2 und 4, Taf. XX., und um sie möglichst wirksam zu machen, gibt man dem Thore bei der Zusammensetzung eine kleine Ueberhöhung an der Seite der Schlagsäule.

Ein anderes Mittel zur Verhinderung des Sackens ist die Anbringung eines Zugbandes, Fig. 2 und 4. Dasselbe geht von dem Kopfe der Wendesäule nach der diagonal gegenüberstehenden Ecke des Thores.

An holländischen und englischen Schleusen findet man diese Zugbänder selten, obgleich sie immer als ein kräftiges Mittel gegen das Versacken der Thore angesehen werden können, vorausgesetzt, daß sie die nöthige Stärke haben und die Einrichtung zum schärfern Anziehen derselben besitzen.

Am besten bewährt sich die in Frankreich eingeführte Methode, wobei auf jeder Seite des Thores ein Zugband liegt, denn es ist außer Zweifel, daß ein einfaches Zugband, in Folge seiner starken Spannung, auf ein Drehen der Verbandstücke, die es faßt, hinwirkt, sobald es nicht in die Mitte zwischen die vordere und hintere Thorfläche verlegt wird, welche Verlegung aber außerordentliche Schwierigkeiten in der Ausführung bereitet.

Ferner wird das Sacken der Thore auch dadurch verhindert, daß man den obern Rahmen rückwärts über die Wendesäule verlängert und ihn am Ende so stark beschwert, daß er dem Thore vollständig oder doch wenigstens zum Theil das Gleichgewicht hält. Diese Verlängerung des Rahmens dient zugleich zum Drehen, und heißt daher Drehbaum. Fig. 3, Taf. XX., zeigt diese Anordnung. Dieselbe ist bei kleineren Thoren fast überall üblich und gewährt auch manche Bequemlichkeiten, sobald aber die Breite des Thores größer wird als etwa 2·7 Mtr., so wird das Gewicht desselben so groß, daß die Darstellung eines angemessenen

Gegengewichts unmöglich ist, ohne den Hebel im Unterstützungspunkte der Gefahr des Durchbiegens auszusetzen.

Bei großen Schleusen wird das Versacken der Thore vorzugsweise durch Rollen oder Räder verhindert, auf welche die Thore sich in allen verschiedenen Stellungen stützen.

In England wird jedes größere Schleusenthor in der Nähe der Schlagsäule von einer Rolle getragen, während man in Frankreich nur die Thore von Hafenschleusen in solcher Art unterstützt. In den Niederlanden hat man dagegen hiervon nie Gebrauch gemacht, vielmehr steift man daselbst die größten Thore nur durch Streben ab.

Ein Thor findet, während es nicht bewegt wird, allerdings eine sichere Unterstützung in der Rolle, bei seiner Bewegung aber darf man sich von letzterer nicht zu viel versprechen, da das Verhältniß zwischen dem Durchmesser der Rolle und dem ihrer Achse ein sehr ungünstiges ist und also die Achsenreibung sehr nachtheilig wirkt, sodann aber auch die Bewegung der Rolle durch die Ablagerung von Sand und Schlamm erschwert wird.

Man befestigt die Lager der Rolle möglichst nahe an der Schlagsäule und zwar gewöhnlich unter dem untern Rahmen, wie solches aus Fig. 7 und 8, Taf. XXV., zu ersehen ist. Diese Anwendung hat aber den Nachtheil, daß der Durchmesser der Rolle höchstens 0·15 bis 0·18 Mtr. betragen kann und folglich die Achsenreibung übermäßig stark wird. Besser erscheint die im Hafen zu Rochelle gewählte Anordnung, wobei nämlich die Rolle zur Hälfte ihrer Höhe in den untern Rahmen eingelassen ist und alsdann 0·3 Mtr. Durchmesser erhalten kann.

Bei beiden Anordnungen muß jedoch die Rolle vor dem Aufstellen des Thores befestigt werden, und man hat später keine Gelegenheit, dieselbe etwas zu heben oder zu senken, und sie dadurch schwächer oder stärker durch das Thor zu belasten. Um nun auch dieses zu erreichen, legt man in neuerer Zeit stets die Rolle vor die dem Oberwasser zugekehrte Thorfläche, wodurch noch der weitere Vortheil erlangt wird, daß der Durchmesser derselben bis auf 0·6 Mtr. vergrößert werden kann. Telfort hat diese Anordnung schon bei den Thoren des Kaledonischen Kanals gewählt, seitdem fand sie allerwärts bei großen Schleusen vortheilhafte Anwendung.

Zum Heben und Senken der Rolle trägt dieselbe zuweilen eine starke Eisenstange, die durch mehrere Führungen bis gegen den zweiten Riegel heraufreicht und hier als Schraubenspindel bearbeitet ist. An dem zweiten und dritten Riegel ist ein gußeiserner Rahmen befestigt, der auf einer starken messingenen Schraubenmutter ruht. Durch Umdrehen der letztern kann man die Rolle in passende Höhe stellen.

Endlich hat man in neuester Zeit zuweilen bei großen Schleusenthoren ein anderes Mittel angewandt, um das Sacken derselben zu verhindern. Es besteht darin, daß man das Thor auf beiden Seiten mit einer wasserdichten Bekleidung versieht, und dadurch im Innern einen wasserdicht abgeschlossenen Raum darstellt. Wird derselbe ausgepumpt, so vermindert sich dadurch das Gewicht des Thores, und bei der gewöhnlichen Stärke der Riegel, sowie bei hohem Wasserstande vor dem Thore, kann das Gewicht leicht so weit vermindert werden, daß es dem Drucke gleich kommt, den das Wasser gegen die untere Fläche des Thores ausübt.

§. 73.

Oeffnen und Schließen der Thore.

Die Widerstände, welche sich der Bewegung der Thore entgegensetzen, sind:

1) die Reibung am Zapfen und am Halsband;
2) die Reibung der Wendesäule gegen die Wendenische;
3) der Gegendruck des Wassers, welches von der einen Seite fortgedrängt und gezwungen wird, um die Schlagsäule herum nach der andern Seite zu fließen.

Die beiden ersten Widerstände sind gegen den letztern unbedeutend, auch wirken sie in sehr geringer Entfernung von der Drehungsachse.

Der dritte Widerstand ist offenbar durch die Höhe und Breite des Thores und außerdem durch die Geschwindigkeit, womit dasselbe bewirkt wird, bedingt. Er ist auch nicht gleichmäßig über die ganze Fläche des Thores vertheilt, sondern trifft nur den untern in das Wasser eintauchenden Theil. Wenn demnach der Zug oder Druck, der die Bewegung des Thores veranlassen soll, gegen den Kopf der Schlagsäule angebracht wird, so ist eine windschiefe Verdrehung des Thores unvermeidlich und kann bei großen Dimensionen des letzteren so bedeutend werden, daß es die feste Verbindung gefährdet.

Besonders nachtheilig sind in dieser Beziehung auch die Rollen, welche zur Unterstützung der Thore angebracht werden, indem der Widerstand sowohl an der Achse als am Umfange der Rollen sehr bedeutend werden kann und an einem langen Hebelsarme wirksam ist.

Auch bei Thoren, die nicht auf Rollen ruhen, kann ein ähnlicher Widerstand eintreten, nämlich wenn der Thorkammerboden mit Schlamm oder Sand bedeckt ist, der den untern Rahmen berührt. Man muß daher nicht unterlassen, besonders bei Flußschleusen, nach jedem Hochwasser die Thorkammer mit Baggern zu reinigen.

Es läßt sich hieraus schon entnehmen, daß die Widerstände gegen die Bewegung eines Schleusenthores nicht unbedeutend sind und daher bei großen Thoren manche mechanische Vorrichtungen zu ihrer Ueberwindung nothwendig werden. Dabei ist es dann auch wünschenswerth, daß bei kleinen Schleusen 1 Mann, bei größern höchstens 3 oder 4 Mann ausreichen.

Die Anwendung von Kurbeln ist nicht zweckmäßig, dagegen empfiehlt sich die Erdwinde und der Drehbaum. Auch darf es bei größern Schleusenthoren nicht als zweckmäßig angesehen werden, wenn der Zug oder Druck an dem Kopf der Schlagsäule wirksam ist, vielmehr müssen solche Thore in einer den Widerständen entsprechenden Höhe gefaßt werden.

Unter den Vorrichtungen, deren man sich zum Drehen der Thore bedient, ist zunächst der Drehbaum zu bezeichnen.

Derselbe kann jedoch nur bei kleinen Schleusen Anwendung finden, und da nicht immer, weil er zu viel Raum erfordert.

Bei dem Ill-Kanal, der die Verbindung zwischen Straßburg und dem Rhein darstellt, hat man den Drehbaum in einer eigenthümlichen Verbindung mit andern mechanischen Vorrichtungen angewendet. Am Kopfe der eisernen Wendesäule ist

ein sehr starker gußeiserner Arm von 3·6 Mtr. Länge angebracht, derselbe trägt am Ende eine Säule, worin die Achse eines Getriebes befestigt ist. Das Getriebe, welches sich unten befindet, greift in einen auf der Mauer befestigten gezahnten Quadrant. Am obern Ende trägt jene Achse ein Rad, in welches eine Schraube eingreift, und an der letztern befindet sich die Kurbel. Die Bewegung geht sehr leicht, obgleich die Schleuse eine Weite von 11·4 Mtr. hat.

Eine andere Vorrichtung zur Bewegung der Thore ist die Zugstange. Indem man von der Schleusenmauer aus die Stange anzieht, so öffnet man das Thor; dasselbe wird aber geschlossen, sobald man sie zurückdrückt.

Die Anwendung einer Winde mit stehender Welle ist hiebei sehr zweckmäßig, besonders in der Art wie Fig. 19, Taf. XIX., zeigt.

Häufig wird die Zugstange mit Zähnen versehen, womit sie in ein an der Winde angebrachtes gezahntes Rad eingreift. Diese Anordnung zeigen die Fig. 6a, 16 und 16a, Taf. XXV. und Fig. 20, Taf. XIX. Nur selten ist jedoch die gezahnte Stange ganz aus Eisen, indem sie zu schwer ausfallen würde, vielmehr befestigt man nur kurze gußeiserne gezahnte Schienen an eine hölzerne etwa 0·12 Mtr. starke Latte.

Zuweilen und namentlich wenn Brücken in der Nähe des Schleusenhauptes sich befinden, fehlt der nöthige Raum, um die Stange, wenn das Thor geöffnet ist, frei zurücktreten zu lassen. Man pflegt alsdann einen guß- oder schmiedeisernen Quadranten an den obern Rahmen zu befestigen und in ein Getriebe eingreifen zu lassen. Fig. 21, 21a und 21b zeigt diese Anordnung.

Wesentlich verschieden von dieser Anordnung ist die bei der Schleuse zu Villemur an der Tarn. Daselbst ist nämlich auf dem Thorkammerboden ein gußeiserner Quadrant befestigt, der an der hohlen Seite Zähne hat. In diesen Quadranten greift ein Getriebe, dessen eiserne Achse längs der Schlagsäule herabreicht und oben mit einer Kurbel versehen ist. Fig. 26 zeigt diese Anordnung. Der Arbeiter, der das Thor öffnet oder schließt, stellt sich an das Ende der Fußbrücke auf dem Thore, und indem er die Kurbel dreht, bewegt er das Thor.

Der Druck, den man mittelst der Zugstange auf das Thor ausüben muß, um dasselbe zu schließen, läßt sich auch in einen Zug verwandeln, wenn man ein zweites Tau gegen die andere Seite der Schlagschwelle befestigt, und dieses zum Zurückziehen des Thores benutzt, sobald es geschlossen werden soll. In England ist diese Einrichtung gewöhnlich bei den Dockschleusen. Man muß freilich zum Oeffnen und Schließen jedes einzelnen Thorflügels zwei Winden anbringen, erreicht aber dabei die Vortheile, daß man eine viel größere Kraft ausüben kann und die ganze Handhabung der Thore sehr sicher ist.

§. 74.

Füllen und Leeren der Kammern.

Man hat zwei wesentlich verschiedene Vorrichtungen zum Füllen und Leeren der Schleusenkammern; bei beiden werden gewisse leicht zu schließende Oeffnungen angebracht, mittelst deren man beliebig die Verbindung mit dem Ober- und dem

Unterwasser darstellen, und dadurch den Wasserstand in der Kammer bis zu jenem heben, oder bis zu diesem senken kann.

Diese Oeffnungen werden entweder in den Thoren oder in den Schleusenmauern angebracht und sind daher entweder:

1. Schützöffnungen oder
2. Umläufe.

Am häufigsten werden die Schützöffnungen angebracht, da sie ohne Zweifel am einfachsten und billigsten sind. Es tritt dabei aber der Uebelstand ein, daß die feste Verbindung der Thore beeinträchtigt wird, besonders wenn die Oeffnungen, um das Durchschleusen möglichst zu beschleunigen, einen großen Querschnitt erhalten müssen. Außerdem kann bei hohem Oberboden das über denselben stürzende Wasser leicht in die Schiffe fließen, welche in der Kammer liegen, oder dieselben in eine schaukelnde Bewegung versetzen, wodurch sie leicht leck werden; und endlich ist dieser freie Sturz des Wassers auch insofern nachtheilig, als die betreffende Fallhöhe für die Geschwindigkeit in der Durchflußöffnung verloren wird, und die in jeder Secunde eintretende Wassermenge nicht so groß ist, als sie bei gleicher Oeffnung sein würde, wenn man die ganze Niveaudifferenz zwischen Ober- und Unterwasser benutzt hätte. Diese beiden letzten Uebelstände lassen sich wohl dadurch vermeiden, daß man den Oberdrempel in die Höhe des Unterdrempels legt, wie Fig. 4, Taf. XVIII. oder Fig. 10, Taf. XIX., allein diese Anordnung ist, wenn man dem Bau die gehörige Sicherheit geben und namentlich einen soliden Abschluß gegen das Oberwasser bilden will, sehr kostbar.

Alle die erwähnten Uebelstände kommen bei den Umläufen nicht vor, und es dürften daher diese, besonders in den Oberhäuptern, stets den Vorzug verdienen.

Werden dennoch die Oeffnungen in den Thoren angebracht, so setzt man sie nur in Wirksamkeit, wenn der Wasserspiegel an der einen Seite höher steht, als an der andern, und das Wasser fließt so lange hindurch, bis auf beiden Seiten dasselbe Niveau dargestellt ist. Beim Oeffnen hat man sonach nicht nur das Gewicht der Schütze, sondern auch die Reibung desselben in den Falzen zu überwinden, während beim Schließen die letztere verschwindet und somit gar keine Kraft erforderlich ist, sofern das Gewicht der Schütze so schwer ist, daß sie von selbst herabfällt. — Eine Vorrichtung, wie Fig. 22, Taf. XIX., mittelst deren man die Schütze nur heben kann, dürfte daher schon in manchen Fällen genügen.

Es kommen aber auch Fälle vor, wobei die Schütze, ehe die beiderseitigen Wasserstände gleiche Höhe haben, geschlossen werden muß, und alsdann kann leicht die Reibung in Folge des stattfindenden Wasserdrucks so groß sein, daß die Schütze nicht von selbst herabsinkt, und noch ein besonderer Druck auf dieselbe ausgeübt werden muß. Es ist daher zweckmäßiger, solche Vorrichtungen zur Bewegung der Schütze zu wählen, wodurch dieselbe gehoben und niedergedrückt werden kann. Das Bedürfniß tritt z. B. in dem Falle ein, wenn die Oeffnungen in beiden Häuptern in Wirksamkeit gesetzt werden, um dadurch die nächstfolgende Kanalstrecke zu speisen.

Wie die Schützöffnungen in den Thoren angebracht werden, und welche Construction die Schützen selbst erhalten, sehen wir aus den Fig. 7, 8 und 10, Taf. XXV., Fig. 1, 2 und 4, Taf. XX.

Bei gußeisernen Thoren hat man auch gußeiserne Schützen, deren Construction aus Fig. 5, 6, 7, 8 ersichtlich ist. Sie gewähren die Vortheile der größern Dauerhaftigkeit und der leichtern Bewegung, indem sie bei der sorgfältigeren Bearbeitung weit geringere Reibung veranlassen, des dichtern Schlusses, und endlich ist ihr Gewicht so bedeutend, daß sie selbst bei starkem Wasserdrucke sicher herabsinken.

Bei großen Schleusenthoren wird die Bewegung der gußeisernen Schützen dadurch erleichtert, daß man ihr Gewicht durch Gegengewichte ausgleicht.

Zur Darstellung einer großen Schützenöffnung in dem Thore hat man hauptsächlich zwei Mittel, das eine besteht darin, daß man der Schütze eine möglichst große Breite gibt, wie Fig. 2 und 5, oder daß man mehrere übereinander befindliche Oeffnungen darstellt nnd diese mit eben so vielen unter sich verbundenen Schützen bedeckt. Diese Anordnung hat den Vortheil gegen diejenige, wobei die ganze Oeffnung mit einer Schütze geschlossen ist, daß die Verbindung des Thores dabei weniger leidet und man die Hubhöhe der Schütze auf den dritten oder vierten Theil vermindert. Die Fig. 4 und 4b zeigen diese Einrichtung, die zum Heben der Schütze bestimmte Vorrichtung ist aus Fig. 23, Taf. XIX., ersichtlich.

Eine wesentlich verschiedene Einrichtung zum Verschließen der Oeffnungen in den Thoren besteht darin, daß die Schütze sich nicht senkrecht zwischen Falzen bewegt, sondern sich um eine horizontale Achse dreht. Man findet dergleichen Schieber zuweilen bei kleinen Schleusen in England, woselbst sie die Construction Fig. 3 und 3a, Taf. XX., haben. Es wird dadurch der Vortheil erreicht, daß man vom Ufer aus die Oeffnungen schließen oder frei machen kann.

Auch durch Klappen, welche sich um eine in der Fläche des Thores liegende Achse drehen, hat man die Oeffnungen der Thore geschlossen. Gewöhnlich sind diese Klappen mit zwei Flügeln versehen und steht die Drehungsachse vertical, wie dieß bei den niederländischen Spülschleusen der Fall ist, deren Construction die Fig. 11, 11a, 12 und 12a, Taf. XX., zeigen. Ein Uebelstand, der bei solchen Klappen kaum zu vermeiden ist, besteht in der Undichtigkeit des Verschlusses und der Schwächung der Thore.

Von den Umläufen, die schon mehrfach erwähnt worden sind, wäre zunächst zu bemerken, daß sie in horizontaler Richtung gekrümmt sind, indem sie aus den Thornischen ausgehen und entweder in die Schleusenkammer oder in das Unterwasser hinter dem Unterdrempel ausmünden. In letzterm Falle hat die Sohle des Umlaufs kein Gefälle. In den Oberhäuptern dagegen muß die Sohle jedes Umlaufs sich vom Oberboden auf den Unterboden der Schleuse senken, sie erhalten daher das ganze Gefälle, welches die Schleuse hat. Zuweilen vertheilt man dieses Gefälle gleichmäßig auf ihre Länge und legt nur die beiden Mündungen auf geringe Entfernungen horizontal. Dadurch wird zwar die Ausführung insofern erschwert, als die Tonnengewölbe in den Krümmungen auch ansteigen müssen, allein die Geschwindigkeit des durchströmenden Wassers wird nicht in dem Grade vermindert, wie im ersten Falle, wo ein senkrechter Wassersturz stattfindet. Fig. 11, 12, 13, Taf. XVIII.

In manchen Fällen begnügt man sich mit einem einzelnen Umlaufe. Beim Unterhaupte hat dieß keinen Nachtheil, da man die untere Mündung des-

selben in die Richtung des Unterkanales legen kann, beim Oberhaupt tritt dagegen in diesem Falle der Uebelstand ein, daß das ausströmende Wasser die gegenüberliegende Kammermauer trifft, und bei der stark wirbelnden Bewegung, die er in der Schleuse erzeugt, die Schiffe mit großer Vorsicht befestigt werden müssen. Bei den französischen Schleusen ist häufig die Anordnung gewählt, daß die Umläufe in einer Verticalebene bleiben, welche die Schleusenachse senkrecht schneidet. Die Fig. 8, 9, 10, Taf. XVIII., zeigen diese Anordnung, wie sie von Gauthey am Kanal du Centre ausgeführt wurde. Die cylindrischen Kanäle sind aus Werkstücken erbaut und werden oben durch Kegelventile geschlossen. Die Uebelstände einer solchen Anlage bestehen darin, daß die Röhren zu eng werden und der Oberboden durch das von unten nach oben hervorquillende Wasser Noth leidet.

Bei den englischen Kanalschleusen hat man häufig die Umläufe aus Gußeisen gebildet, wodurch die Construction wesentlich erleichtert wird. Die Anbringung gußeiserner Röhren bedingt keine Verstärkung der Mauern, da dieselben auch hinter die letztern gelegt werden können; eine Beschädigung kommt weniger vor wie bei steinernen Kanälen und ein wasserdichter Verschluß ist ebenfalls leicht herzustellen. Die Weite der Röhren ist 0·3 bis 0·6 Mtr. Die obere Mündung der Röhre wird am besten mit einem gußeisernen Rahmen in Verbindung gebracht, in welchem ein gußeisernes Schütz sich bewegt.

Fig. 11, Taf. XIX., zeigen die gußeisernen Umläufe der eisernen Schleusen am Ellesmere-Kanal.

Die Vorrichtungen zum Oeffnen und Schließen der Umläufe sind:

1) Die Schütze, welche am häufigsten Anwendung findet. Sie ist in der Regel aus Holz construirt und bewegt sich in hölzernen oder steinernen Rahmen. Die passendste Stelle erhält die Schütze in der obern Mündung des Umlaufes, weil man alsdann das Zutreten der Luft ganz vermeidet, wodurch die Wirksamkeit des Umlaufes beeinträchtigt wird und auch Reparaturen am leichtesten sind.
2) Einfache Kegelventile, welche die konische Erweiterung in der Mündung schließen. Dieselben eignen sich nur für enge Kanäle bis zu 0·3 Mtr. Weite. Bei weitern Oeffnungen erfordert das Heben der Ventile zu viel Kraft.
3) Eine gußeiserne Klappe, die auf dem vorstehenden Rande eines gußeisernen Rahmens aufliegt und sich um eine horizontale Achse dreht. Sie wird durch eine Kette mittelst einer Winde gehoben und herabgelassen.

Ueber die sonstigen mechanischen Vorrichtungen zum Oeffnen und Schließen der Schützen in den Thoren wäre noch zu bemerken, daß die am häufigsten vorkommende Vorrichtung in einem Getriebe besteht, welches in die gezahnte Zugstange eingreift und woran zuweilen unmittelbar die Kurbel befestigt ist, oder wenn dieß nicht genügt, erst ein Vorgelege angewendet wird.

Auch die Schraube wird zur Bewegung der Schütze benutzt, und zwar in der Art, daß die Zugstange mit einer Schraubenspindel in Verbindung ist, deren Mutter, mit cylindrischem Halse versehen, in einer Pfanne in angemessener Höhe über der Fußbrücke ruht. An der äußern Fläche ist die Mutter mit Zähnen versehen, und zwar bildet sie ein konisches Rad, welches in ein zweites konisches Rad

an der Kurbelachse greift. Der Nachtheil dieser Schraube ist aber die allzu langsame Bewegung und zu große Reibung.

Schließlich wäre noch zu erwähnen, daß bei größern See- und Dockschleusen die Umläufe in der Art angeordnet sind, daß sie zur Spülung der Thorkammer und des Bodens auf der gegenüberliegenden Seite des Drempels dienen. So hat Hartly bei Erbauung des Coburg-Docks ein vielfach verzweigtes und weit ausgedehntes Spül-System durch Umläufe in den Flügelmauern angebracht und hierdurch für die Offenhaltung der Mündung des Docks gesorgt. §. 85.

§. 75.

Schiffsschleusen mit Seitenbassins.

In dem Frühern wurden die verschiedenen Ursachen der Verminderung des Wasserstandes in den Schifffahrtskanälen angegeben, von besonderer Bedeutung war unter diesen vorzugsweise bei Kanälen, die stark benützt werden, der Verbrauch beim Durchschleusen der Schiffe. Es wurden daher schon verschiedene Vorschläge gemacht, diesen Verbrauch zu ermäßigen, und lassen sich dieselben in 3 Abtheilungen bringen. Die meiste Aehnlichkeit mit den gewöhnlichen Schiffsschleusen haben diejenigen Schleusen, welche mit gewissen Seitenbassins versehen sind, die als Magazine für das Wasser dienen. Sie fangen das beim Entleeren der Kammer ausfließende Wasser in einer Weise auf, so daß es später wieder zum Füllen der Schleuse benützt werden kann. Die zweite Abtheilung umfaßt diejenigen, welche bewegliche Kammern haben, die sich zugleich mit den darin befindlichen Schiffen bald dem Ober-, bald dem Unterwasser anschließen. Zur letzten Abtheilung gehören diejenigen Anordnungen, wobei die Schiffe auf Wagen gestellt und mittelst Eisenbahnen auf geneigten Ebenen gehoben und gesenkt werden.

Die Schleusen mit Seitenbassins haben folgende Einrichtung, Fig. 24 und 24a, Taf. XIX. Auf einer oder auf beiden Seiten der Schleusenkammer befindet sich ein Bassin, welches durch einen Kanal mit ersterer verbunden ist. So lange das Wasser in der Kammer noch höher steht, als in einem Seitenbassin, wird es nicht in die untere Kanalhaltung, sondern in dieses eingelassen, bis beide Wasserspiegel in gleicher Höhe stehen. Alsdann schließt man den Verbindungskanal, und beim nächsten Füllen der Kammer läßt man in diese das aufgefangene Wasser wieder zurückfließen. An einzelnen Schleusen auf englischen Kanälen hat man 4 solcher Bassins angelegt. In diesem Falle, sowie überhaupt wenn ihrer mehrere sind, werden sie der Reihe nach benützt, indem man das Wasser beim Entleeren der Kammer zuerst in das höchste Bassin treten läßt, bis in diesem der Wasserspiegel der Kammer sich dargestellt hat. Nachdem die Verbindung beider geschlossen ist, füllt man in gleicher Weise das nächst tiefer gelegene, und so fort, bis man den letzten Rest des Füllwassers der Kammer in das Unterwasser abfließen läßt. Beim Füllen der Schleuse werden dagegen in umgekehrter Reihenfolge die Bassins mit der Kammer in Verbindung gesetzt, und sobald der Wasserspiegel in dieser mit dem des obersten Bassins im Niveau steht, wird die Schleuse vollends aus dem Oberwasser gefüllt.

Angenommen das Seitenbassin, Fig. 24, habe dieselbe Ausdehnung wie die Schleusenkammer und liege so hoch, daß die Sohle mit dem dritten Theil der Fallhöhe übereinstimmt, so steigt der Wasserspiegel im Bassin eben so viel, wie er in der Kammer sinkt, und es ist somit der dritte Theil des Füllungsprismas reservirt. Sind zwei Bassins vorhanden, so liegt das eine mit der Sohle um $\frac{1}{4}$, das andere um $\frac{1}{2}$ der Fallhöhe höher als der Unterwasserspiegel, durch jedes Bassin wird daher $\frac{1}{4}$ der Wassermenge, folglich im Ganzen die Hälfte des Füllungsprismas reservirt.

Wären es drei Bassins, so wäre die reservirte Wassermenge $\frac{3}{5}$ des Füllungsprismas; wären es vier Bassins $\frac{4}{6}$ u. s. f.

Man hat zuweilen die Wirksamkeit der Seitenbassins dadurch zu verstärken vorgeschlagen, daß man ihnen eine größere Ausdehnung gibt. Der Erfolg dieser Anordnung ist indeß nicht bedeutend.

Statt eines besondern Seitenbassins kann man auch zur Aufnahme eines Theils des in der Schleusenkammer enthaltenen Wassers eine zweite Schleusenkammer benutzen, die unmittelbar neben der ersteren sich befindet, und nur durch eine einfache Kammermauer davon getrennt ist. Dieses System ist an dem Regent-Kanal in England zur Ausführung gebracht und soll auch in Rußland schon Anwendung gefunden haben. Der Nutzen desselben in Bezug auf die Verminderung des Wasserbedarfs ist nicht zu verkennen, und derselbe stellt sich sogar bedeutend günstiger, als wenn man ein Seitenbassin angelegt hätte, aus dem das Wasser wieder in die Schleusenkammer zurückgeleitet werden müßte. Wenn zwei Schiffe sich an der Schleuse begegnen, indem eines herab-, das andere heraufgeht, und zum Einlassen derselben in die Schleuse die erste Kammer gefüllt und die zweite entleert werden muß, so wird, nachdem die sämmtlichen Thore geschlossen sind, die Verbindung beider Kammern eröffnet, und in beiden stellt sich ein Wasserstand dar, der bei gleicher Größe beider Kammern in die Mitte zwischen Ober- und Unterwasser fällt. Auf diese Weise füllt sich die zweite Kammer schon bis zur halben Höhe, und zu ihrer vollständigen Anfüllung braucht man aus dem Oberwasser nur halb so viel Wasser zu entnehmen, als bei einer gewöhnlichen Schleuse erforderlich gewesen wäre. Denselben Vortheil erreicht man aber auch noch, wenn ein Schiff herabgegangen ist, und später ein anderes herabgeht, oder wenn umgekehrt die heraufgehenden Schiffe einander folgen. Im letzten Fall würde man nämlich, nachdem ein Schiff sich bereits im Oberwasser befindet, die Hälfte des Inhalts der ersten Kammer in die zweite gießen, nachdem diese das zweite Schiff schon aufgenommen hat. Zur vollständigen Füllung derselben würde also wieder nur die halbe Füllmasse erforderlich sein.

Bei großen Fallhöhen und Wassermangel dürften solche Einrichtungen wohl zu empfehlen sein.

§. 76.

Schiffsschleusen mit beweglichen Kammern.

Wenn ein Schiff in eine Schleusenkammer hineingezogen wird, so fließt aus dieser eine Wassermasse heraus, die eben so schwer ist, als das Schiff, und sie

tritt in diejenige Kanalstrecke, aus welcher das Schiff kommt, und füllt genau denjenigen Raum, den dieses früher einnahm. Beim Ausfahren des Schiffes aus der Schleusenkammer findet wieder dasselbe statt, nur mit dem Unterschiede, daß das Wasser aus der Kanalstrecke, in welche das Schiff gezogen wird, in die Schleusenkammer fließt. Hieraus ergibt sich, daß das Gewicht der gefüllten Schleusenkammer genau dasselbe bleibt, mag ein Schiff sich darin befinden, oder nicht. Hat man demnach eine bewegliche Schleusenkammer, die durch irgend welche mechanische Vorrichtungen so gehoben und gesenkt werden kann, daß der Spiegel des darin befindlichen Wassers abwechselnd an den Wasserstand des Ober- und Unterkanals sich anschließt, so ändert das Gewicht dieser Kammer sich nicht, wenn auch ein beladenes oder leeres Schiff von der einen oder der andern Seite hineingebracht oder herausgezogen ist. Jedesmal fließt so viel Wasser hinein oder hinaus, daß das Gewicht des ganzen Inhaltes wieder eben so groß wird, als es früher war. Ein constantes Gegengewicht hält also einer solchen beweglichen Schleusenkammer das Gleichgewicht, und zu ihrer jedesmaligen Bewegung, d. h. zum Heben und Senken, braucht man nicht mehr Kraft, als zur Ueberwindung der Reibung und ihres Trägheitsmomentes erforderlich ist.

Schon im vergangenen Jahrhunderte wurde von James Anderson in Edinburgh eine Idee zur Ausführung einer Schleusenkammer mit beweglichen Kammern angegeben, die später Brownwill in Sheffield wiederholte, und die, wie es scheint, erst in neuerer Zeit am Grand-Western-Kanal zur Verwirklichung kam. In einem von allen Seiten eingeschlossenen und mit dem Unter- und Oberwasser in Verbindung stehenden Raume, befinden sich zwei bewegliche Kammern, die sich gegenseitig in allen Stellungen im Gleichgewicht halten; wenn die eine heraufsteigt, sinkt die andere herab, es wird also gleichzeitig ein Schiff gehoben und eines herabgelassen. Sowohl der Ober- als Unterkanal müssen aus diesem Grunde in zwei Arme gespalten werden, von denen je einer mit der einen Schleusenkammer in Verbindung gesetzt wird. Die Taf. XXIII., Fig. 1, 2 und 3, gibt Schnitt, Grundriß und vordere Ansicht einer am Grand-Western-Kanal ausgeführten Schleuse von 10 Mtr. Fallhöhe.

Der benannte Kanal, bei dessen Anlage im Jahre 1796 bereits auf die Erbauung von geneigten Ebenen und andern Mitteln zur Ueberwindung der starken Gefälle Rücksicht genommen war, verbindet zwar die Themse mit dem Severn, wird aber wegen seiner ungünstigen Lage nur zum Zwischenverkehr benutzt, und vorzugsweise werden darauf die aus nahe gelegenen Bergwerken kommenden Kohlen, sowie auch Kalk transportirt. Sehr kleine Schiffe von 26 Fuß Länge, 6½ Fuß Breite, welche nur 2′ 3″ eintauchen, wenn sie beladen sind, befahren ihn. Die Ladung beträgt 8 Tonnen oder 160 Centner, daher kann ein Pferd vier beladene oder acht leere Schiffe ziehen. Die Transportkosten wurden aber sehr vertheuert, indem der Zug häufig durch Schleusen unterbrochen war, wobei jedesmal die Schiffe einzeln durchgeschleust werden mußten. Dieser Umstand gab zunächst Veranlassung, eine andere Einrichtung zu wählen, wobei das ganze Gefälle auf eine einzige Schleuse concentrirt wurde und alle übrigen fortfielen. Außerdem hatte es diesem Kanal auch an Wasser gefehlt, und dieses war ein zweiter Grund zu einer

Veränderung. Jede Kammer der neuen Schleuse, Fig. 1, ist so groß, daß eines der beschriebenen Schiffe hineinfahren kann und noch den nothwendigen Spielraum findet. Die beiden kürzeren Seitenwände jeder Kammer werden durch gußeiserne Rahmen gebildet, die mit den Enden der Bohlen fest verbolzt, vorzugsweise die Stellung der Seitenwände gegen den Boden sichern. In diese Rahmen sind Nuthen eingehobelt, und hierin bewegen sich die gußeisernen Schützen, welche die Kammern an beiden Enden abschließen. Vor jeder der vier Kanalmündungen ist ein gleicher Rahmen mit einer gleichen Schütze angebracht, und sobald die Verbindung zwischen einer Schleusenkammer und einem dieser Kanäle dargestellt werden soll, so lehnt man die Rahmen aneinander und indem jedesmal einer derselben mit einem Flechtwerk aus getheerten Tauen verkleidet ist, so wird bei Anwendung eines starken Druckes ein ziemlich wasserdichter Schluß bewirkt. Wenn alsdann die beiden Schützen gezogen werden, so stellt sich die freie Verbindung zwischen der Schleusenkammer und dem Kanal dar, und die Schiffe können ungehindert ein- und ausfahren.

Jede Kammer wird von drei Hauptketten getragen, welche über drei große Räder gezogen sind. Die Ketten sind aus platten Gliedern von Schmiedeisen, die durch kurze doppelte Zwischenglieder mit einander verbunden sind. Die erwähnten drei Räder sind an den Rändern vertieft und mit flachen Zähnen versehen, die regelmäßig zwischen die Verbindungsglieder der Kette eingreifen und dadurch ein Gleiten verhindern. Das mittlere Rad ist mit einem gezahnten Kranze versehen, in welchen an jeder Seite ein Getriebe eingreift, das theils mit zwei Bremsen, theils aber auch durch Räderwerk mit zwei Kurbeln in Verbindung steht, um, wenn nöthig, die Kammern auch ohne Uebergewicht bewegen zu können.

Die Auflagerung der großen Räder ist aus den Figuren ersichtlich.

Es wurde schon erwähnt, daß die eisernen Rahmen an den kurzen Seiten der Schleusenkammern sich an diejenigen, welche an den Enden der Kanäle angebracht sind, scharf anschließen, sobald sie dagegen gepreßt werden. Die Vorrichtungen zur Darstellung dieses Druckes sind für die Oberkanäle nicht dieselben, wie für die Unterkanäle. Bei jenen sind jedesmal durch den Rahmen, der einen Kanal begrenzt, zwei starke eiserne Stangen gezogen, die sich horizontal zu beiden Seiten des Schachtes bis an dessen hinteres Ende fortsetzen. Hier sind sie mit Schraubengewinden versehen, welche durch einen starken gußeisernen Arm greifen, und indem die Schraubenmuttern hinter demselben durch eine Winde in Bewegung gesetzt werden, so lehnt dieser Arm sich an den hintern Rahmen der Kammer und preßt die ganze Kammer gegen den Oberkanal, so daß sie sich wasserdicht anschließt.

Bei den Unterkanälen ist die Einrichtung äußerst einfach, indem nur zwei gußeiserne Keile s, Fig. 1, angebracht sind, gegen welche die herabsinkende Schleusenkammer mit dem hintern Rahmen sich lehnt und dadurch von selbst an den Rahmen vor dem Kanale gepreßt wird.

Um auch die Gewichte der Hauptketten auszugleichen und das Gleichgewicht vollständig herzustellen, sind an jede Kammer noch drei Ketten angehängt, die mit den Hauptketten gleiches Gewicht haben. Zur Führung der Kammern während ihrer Bewegung dienen kleine Getriebe, die an die Seitenwände befestigt sind und

in gezahnte Stangen pp, Fig. 1, eingreifen. Um die Bewegung der Kammern eintreten zu lassen, wird jedesmal in derjenigen Kammer, die mit dem Oberwasser verbunden wird, durch geringe Ueberhöhung des Wasserstandes (2″) einiges Uebergewicht dargestellt, so daß sie von selbst herabsinkt und man die Bewegung beider Kammern allein durch die Bremse reguliren kann.

Indem nun auf diesem Kanale alle beladenen Schiffe herabgehen und nur leere heraufkommen, so ist nicht nur kein Wasserverbrauch von der obern Haltung, sondern diese letztere wird noch gespeist. Die ganze Dauer einer Schleusung beschränkt sich auf 3 Minuten, während sie bei einer gewöhnlichen Schleuse von 3 Mtr. Fall schon 8 bis 10 Minuten beträgt.

Die Einrichtung soll ihrem Zwecke vollständig entsprechen.

§. 77.

Geneigte Ebenen.

Hierunter werden solche Einrichtungen verstanden, bei welchen die Schiffe auf Wagen geladen und längs schiefen Ebenen hinaufgezogen werden. Auf der Höhe angekommen, tritt das Schiff in eine Kammer, welche mit dem Oberwasser in Verbindung steht und durch welche es wieder flott gemacht wird, um seine Fahrt weiter fortsetzen zu können. Dabei ist gewöhnlich die Einrichtung getroffen, daß die beladenen Schiffe herabgehen und die leeren heraufziehen. Eine solche Einrichtung ist in der That bei mehreren Kanälen, und zwar ebensowohl in England, wie in Nordamerika getroffen. Man kann freilich besorgen, daß die Schiffe, indem sie auf Wagen gestellt werden, und besonders wenn sie beladen sind, durch die ungleichmäßige Unterstützung und durch die Erschütterungen leiden, doch darf man nicht übersehen, daß die Kanalschiffe flache Böden haben, sich also sehr sicher aufstellen. Andererseits sind die beweglichen Schleusenkammern in weit höherem Grade denselben Beschädigungen ausgesetzt und haben wegen der fehlenden Querverbindung weniger Festigkeit, als die Schiffe.

Die erste geneigte Ebene dieser Art in England wurde nicht auf einem für den öffentlichen Verkehr bestimmten Kanale ausgeführt, sondern auf einem kleinen isolirten Kanale in der Grafschaft Shropshire, der nur den Zweck hatte die Anfuhr der Eisenerze und Kohlen aus der Gegend von Oaken-Gates nach dem Hüttenwerke bei Ketley zu erleichtern. Es handelte sich darum, einen Schifffahrtsweg darzustellen, der nur 640 rhein. Ruthen lang war und ein Gefälle von 70 Fuß erhalten mußte. Man baute deßhalb eine einzige schiefe Ebene, mit der das ganze Gefälle überwunden wurde.

Die Fig. 4, Taf. XXIII., zeigt den Längenschnitt durch eine Schleuse und in der Verlängerung derselben den Oberkanal und einen Theil der geneigten Ebene.

Die Schiffe, die man hier benutzt, sind sehr klein und ihre Form ist ganz kastenförmig ohne Zuschärfung auf der einen oder der andern Seite. Sie werden unmittelbar eines an das andere befestigt, so daß sie beim Befahren der horizontalen Kanalstrecke gleichsam nur ein langes Schiff bilden. Ihre Länge ist 19′, Breite 6′, Höhe 3′, Ladung 100 Centner, Eintauchung 2′. Die Wagen, auf

welche sie gestellt werden, sind mit vier Rädern versehen, von denen das eine Paar $2\frac{1}{2}'$, das andere dagegen $1\frac{1}{4}'$ hoch ist. Ueber dem ersteren findet außerdem noch eine Auffütterung statt, so daß die Fläche, auf welche das Schiff sich aufstellt, in der Schleuse beinahe horizontal ist.

Die Fig. 4a und b zeigen den Wagen mit der Befestigung des Seiles. Soll ein Schiff in der Schleuse oder im Unterwasser auf den Wagen gebracht werden, der so tief im Wasser stehen muß, daß nur der obere Riegel und die Seitenstiele darüber vorstehen, so zieht man das Schiff in dieses Portal hinein, und befestigt die eine Kette r sogleich an den vorderen Haken, die andere Kette r′ an den hintern Haken des Schiffs. Die schiefe Ebene hat eine Neigung mit zweifacher Anlage. Die beiden geneigten Ebenen, auf deren einer jedesmal ein beladenes Schiff herabgeht, während auf der andern ein leeres heraufgezogen wird, liegen nicht unmittelbar nebeneinander, vielmehr sind die beiden inneren Geleise 7′ von einander entfernt. Die Spurweite jedes Geleises ist 6′. Auf diese Weise bleibt zwischen den beiden Schleusen noch ein 5′ breiter Raum frei, und diesen hat man zur Darstellung eines Bassins benutzt, in welches bei der jedesmaligen Entleerung einer Schleusenkammer deren Inhalt hineinfließt. Dieses geschieht mittelst Schützen D. Das in erwähntem Bassin aufgefangene Wasser wird durch einen Kanal G seitwärts abgeleitet und in einem zweiten größeren Bassin aufgefangen. In letzteres fließt auch das Wasser, welches aus der Kammer wegen mangelhaften Schlusses hinausquillt, indem es in einem Kanale J aufgefangen wird, der es nach diesem Bassin führte. Eine kleine Dampfmaschine genügt, dieses Wasser wieder in den Oberkanal zu pumpen. Jede Schleusenkammer ist so weit, daß sie gerade den Wagen aufnehmen kann. Den Abschluß gegen das Oberwasser bildet ein einfaches Schleusenthor mit einer Schütze zum Füllen der Kammer. Gegen die geneigte Ebene wird die Kammer durch eine Schütze geschlossen, welche man in der Zeichnung geöffnet sieht. Sie ist durch ein Gewicht C balancirt, doch nur so, daß sie von selbst herabsinkt. Um die Trommel H schlingt sich ein Seil, welches nach einer kleinen Welle mit Sperrrad und Kurbel F geht. Mittelst dieser Kurbel wird das Schütz gehoben und gesenkt.

Das Windetau, woran jeder Wagen heraufgezogen und herabgelassen wird, schwebt über der Mitte seiner Bahn und über der Mittellinie der Schleuse. Wenn es weit ausgezogen ist, so hängt es auf die schiefe Ebene herab und gleitet auf Leitrollen. Oberhalb der Schleuse geht es über eine Scheibe L, die keinen weitern Zweck hat, als den Wagen ganz in die Schleuse hineinzubringen. Von dieser Scheibe gelangt es auf die Trommel M, welche sich bis über die zweite Kammer hinaus verlängert und also auch das andere Windetau aufnimmt. Die Windungen der Taue sind aber entgegengesetzt, so daß bei der Drehung der Trommel das eine Tau nachgelassen, das andere angezogen wird. Um die Bewegung der Trommel zu mäßigen, befindet sich auf der Mitte derselben ein großes Bremsrad N. Dasselbe kann theils durch den Rahmen, der es umschließt, schon gesperrt werden, indem beim Andrücken des Hebels P die beiden Bremsklötze S, S gegen den Umfang des Rades wirken; außerdem dient hierzu noch die unter dem Rade angebrachte mit Holz gefütterte Bremskette, die mittelst des Hebels T gespannt wird.

Diese verschiedenen Einrichtungen sind so angebracht, daß der Maschinenwärter alle einzelnen Theile von einem Punkte aus in Bewegung setzen kann. Sobald der Wagen sich in der Kammer befindet, läßt der Wärter die Schütze herab, welche die Stelle des Unterthores versieht. Sodann zieht der mit dem Schiff heraufgekommene Arbeiter die Ziehschütze des Oberthores, öffnet das Thor, sobald die Kammer gefüllt ist, mittelst des Drehbaumes, lös't das Schiff vom Wagen und schiebt es in's Oberwasser. Ein beladenes Schiff wird darauf hineingeführt und dieses sowohl, wie gleichzeitig auch im Unterwasser ein leeres, an beiden Wagen befestigt. Eine Glocke, deren Zug bis zum Unterwasser reicht, gibt das Signal, daß auch dort alles vorbereitet sei. Hierauf tritt der Maschinenwärter mit dem Fuße auf den Hebel E und öffnet das Schütz D, wodurch die Schleusenkammer sich entleert. Während dieses geschieht, drückt er den Hebel P fest an, um ein Herablaufen des Wagens, sobald derselbe durch das Schiff belastet wird, zu verhindern, weil sonst das Oeffnen des großen Schützes unmöglich werden würde. Er stellt den Hebel P und mit ihm die Bremse fest, indem er die gezahnte eiserne Stange Q in jener einhakt. Hierauf windet er mit der Kurbel F die große Schütze auf, und setzt dadurch die Schleusenkammer mit der geneigten Ebene in Verbindung. Sollte alsdann die Bewegung zu rasch werden, so tritt der Wärter auf den Hebel R, dreht dadurch den Winkelhebel T, welcher die untere Bremskette anzieht. Die Zeit des Herauf- und Herablassens eines Wagens beträgt zwischen 2 und 3 Minuten.

An der Rolle L befindet sich noch ein gezahntes Rad und hierein greift ein doppeltes Vorgelege, das mittelst einer Kurbel in Bewegung gesetzt werden kann. Mit Hülfe dieser Kurbel, und wenn zugleich einige Arbeiter das große Bremsrad an den Speichen fassen und zu drehen sich bemühen, kann man den Wagen mit dem leeren Schiff heraufwinden, falls auch kein beladenes herabgeht.

In Nordamerika haben die geneigten Ebenen auf einzelnen Kanälen eine weit ausgedehntere Anwendung gefunden und besonders ist dieses auf dem Morris-Kanal der Fall. Derselbe dient vorzugsweise zum Transport von Anthracitkohlen, die den Lehigh herabkommen. Die Fig. 3, Taf. XVII., zeigt das Längenprofil dieses Kanals. Auf der einen Seite steigt derselbe 739 rhein. Fuß und fällt auf der anderen 888 Fuß. Das ganze Gefälle beträgt somit 1627 Fuß; davon werden 1399 Fuß durch 23 geneigte Ebenen aufgehoben und 228 Fuß durch 25 gewöhnliche Schleusen. Die Länge des Kanals beträgt nahe 22 deutsche Meilen, die Speisung geschieht durch den Hopatcong-See. Die Neigung der schiefen Ebenen wechselt zwischen $^1/_{12}$ und $^1/_{10}$. Genaue Beschreibungen dieser schiefen Ebenen findet man in Hagen's Wasserbau und Förster's Bauzeitung 1841. Seit etwa 10 Jahren ist man damit beschäftigt, die Kammern an den schiefen Ebenen ganz zu entfernen, und die Eisenbahn, welche beide Kanalstrecken verbindet, mit einem Scheitel zu versehen, von welchem aus sie sich nach beiden Seiten senkt. Hierdurch wird die Anlage sehr vereinfacht und erhält ungefähr dieselbe Einrichtung, wie die schiefe Ebene einer Eisenbahn.

Daß diese Art des Schifffahrtsbetriebs sich nur für kleinere Schiffe eignet, die noch besonders verstärkt werden müssen und deßhalb für andere Kanäle weniger brauchbar sind, geht aus dem bereits Gesagten deutlich hervor.

§. 78.

Speisebassins.

Der Zweck der Speisebassins wurde bereits früher angegeben, auch wurde erwähnt, daß man geeignete Thäler durch Erddämme oder Mauern abschließt und auf diese Weise künstliche See'n bildet, deren Inhalt nach Bedürfniß dem Kanal zugeführt wird.

Thäler sind geeignet, wenn sie ziemlich weit und mit hohen Wänden umschlossen sind, sich aber an einer für den Abschluß geeigneten Stelle stark verengen; wenn sie ferner hoch genug liegen und nicht zu weit vom Kanal entfernt sind; wenn sie viele Quellen und einen reichhaltigen Bach enthalten, gegen welchen die atmosphärischen Niederschläge rasch abfließen; wenn sie keine starken Filtrationen zulassen, also in gewachsenem Felsboden einer dichten Gebirgsart eingeschnitten sind. Große Kieslager dürfen weder das Thal einschließen noch den Untergrund desselben bilden.

Bei der Einrichtung eines Speisebassins kommen in Betracht: die Abschlußdämme und die Vorrichtungen zum Ablassen des Wassers. Außerdem ist aber auch noch dafür zu sorgen, daß das Bassin sich nicht bis über die Krone des Dammes anfülle, weil das frei überstürzende Wasser den Damm und den Speisekanal zerstören könnte.

Zur Abschließung der Speisebassins dienen entweder Mauern oder Erdanschüttungen oder Mauern mit Erdanschüttungen.

Die Mauern sind bei festem Boden und festen Thalwänden am besten und wasserdichtesten, zumal da auch die Steine häufig leichter herbeizuschaffen sind als eine gute Erde, die für eine Dammschüttung tauglich wäre.

Die Wasserhöhen vor solchen Mauern betragen oft 20 bis 30 Meter, es haben deßhalb diese einen bedeutenden Druck auszuhalten und erfordern hinreichende Stabilität. Nach Minard ist die geringste Dicke gleich der halben Höhe. Die Fig. 13, 14, 15, 16, Taf. XXII., zeigen mehrere Mauerprofile. Eine Hauptsache ist es, die Mauer gut mit dem Untergrunde zu vereinigen, damit sich nicht Wasseradern zwischen beiden hindurchziehen. Hierzu dienen besonders sog. Heerdmauern von Stein oder Bèton, die etwas tiefer in den Boden eingreifen und mit der eigentlichen Mauer in Verbindung stehen.

Häufiger wie die Mauern sind die Erddämme zum Abschlusse der Thäler ausgeführt worden. Sie sind in solchen Fällen, wo die Thalwände und die Thalsohle mit fruchtbarer Erde bedeckt sind, gewöhnlich wohlfeiler wie die Mauern. Das Profil des Erddammes wird von der Krone und den Seiten-Dossirungen begrenzt. Die Krone muß nach Maßgabe der Tiefe und Ausdehnung des Speisebassins 1 bis 1,5 Mtr., auch wohl noch mehr über dem Wasserspiegel gehalten werden, weil zur Zeit der Stürme heftige Wellenbewegungen eintreten. Dieser Umstand macht auch die Abpflasterung der Krone und der innern Dossirung nothwendig. Die Breite der Krone ist gewöhnlich 5·4 bis 6 Mtr. Obwohl die innere Dossirung durch ein Steinpflaster gesichert ist, so muß ihr doch 1$\frac{1}{2}$ bis 2fache Anlage gegeben werden, indem der Wasserstand sehr veränderlich ist, die durchnäßte Erde also zeitweise den Gegendruck verliert und sich in größern Massen bei steilerer Böschung ablösen würde.

Die gewöhnliche Dammerde eignet sich am besten zu solchen Dämmen; ganz reiner Thon hat den Nachtheil, daß er in der Dürre stark reißt und zu fest ist, um nachzusinken, wenn Höhlungen darin entstehen sollten. Auch reiner Sand ist nicht brauchbar, weil das Wasser theils zu leicht durchsickert, theils unter starkem Drucke an der äußern Dossirung Einstürzungen veranlaßt werden.

Alle fremdartigen Körper müssen aus dem Damme fern gehalten werden, Rasen, Torf, Holz, Zweige ꝛc. sind sorgfältig zu beseitigen.

Die Erde muß in dünnen Lagen von 0·18 Mtr. Höhe aufgebracht und festgestampft werden.

In England ist es üblich, diese Dämme noch durch einen Kern von gutem Thon gegen die Filtration zu sichern. Die Fig. 10, Taf. XXII., zeigt einen solchen Abschlußdamm von 25 engl. Fuß Höhe, welchen Telfort vor dem Rotten-Park-Reservoir am Birmingham-Staffordshire-Kanal erbaut hat.

Die Fig. 7 gibt den Querschnitt des Abschlußdammes am Reservoir von Torcy, Kanal du Centre. Die größte Wasserhöhe beträgt 11 Mtr.

Die Höhe des Dammes ist gegen die Mitte hin 12·7 Mtr., die Länge desselben 253 Mtr. Die Verkleidung der innern Dammböschung bestund anfänglich aus sechs liegenden Mauern, die durch abgepflasterte Bermen getrennt waren, alles in Mörtel ausgeführt. Die zu rasche und nicht mit der gehörigen Sorgfalt ausgeführte Erdauffüllung verursachte bald eine unregelmäßige Senkung der besagten Mauern, weßhalb man sich genöthigt sah, den mehr bedrohten Theil der Böschung von dem Grundablasse an bis zum Reservoir an dem westlichen Ende des Dammes solider zu befestigen.

Man errichtete 9 Gegenpfeiler, Fig. 5 und 6; 4 davon reichten bis an den Dammfuß, die 5 andern dagegen nur bis zur vierten Berme; die Entfernung dieser Pfeiler wurde verschieden angenommen und wechselte zwischen 6 und 10 Mtr.; die Stärke derselben ist 1·5 Mtr. Die Fig. 6 gibt den Durchschnitt durch einen Hauptgegenpfeiler und zeigt die Linie HL, bis zu welcher sich die kleinern Pfeiler erstrecken.

Die Erfahrung zeigte, daß diese Gegenpfeiler vollkommen ihren Zweck erfüllten, indem nach ihrer Herstellung keine weitern Senkungen mehr vorkamen*).

Endlich hat man auch die Dämme mit den Mauern gemeinschaftlich zu den Abschlußdämmen verwendet. Eine durchgehende hohe Mauer, welche den Rücken oder die Krone des Dammes bildet, wird von beiden Seiten durch angeschüttete Erddossirungen verstärkt. Ob hierbei wirklich ein Vortheil erreicht wird, muß dahingestellt bleiben, indem eine innige Verbindung der Erde an das Mauerwerk doch nicht erwartet werden kann, es also gerade so ist, als wenn die Mauer isolirt stünde. Zu dem kommt noch, daß die Verbindung der beiden Constructionsarten nach den bisherigen Erfahrungen keineswegs vortheilhaft ist, vielmehr nur mehr Kosten veranlaßt, als jede andere Anordnung.

Die Fig. 12 und 12a zeigen den Durchschnitt und Grundriß des Abschlußdammes an dem Reservoir St. Fériol, Kanal du Midi. Der höchste Wasserstand ist 31·35 Mtr. Das ganze Reservoir faßt 6374000 Kbkmtr. Wasser.

---

*) Annales des ponts et chaussées. 2 Serie 1846.

Sehr übereinstimmend mit diesem Damme ist auch derjenige, der das Bassin Couson, neben dem Kanal Givors, abschließt. Die höchste Wassertiefe ist 30 Mtr., der Inhalt des Reservoirs 2000000 Kbkmtr.

Zum Ableiten des Wassers aus den Reservoiren hat man sonst gewöhnlich gewölbte Galerien durch die Mauern und selbst durch die Erddämme geführt, während man in neuerer Zeit häufig gußeiserne Röhren benützt. Erstere sehen wir am Reservoir von Torcy, Fig. 7, 7a, 8 und 9, sodann an dem Reservoir St. Fériol, Fig. 12 und 12a; letztere an dem Reservoir Rotten-Park. Fig. 10 und 11.

Sobald die Druckhöhe bei einer Schützenvorrichtung 6 Mtr. überschreitet, ist dieselbe schwer zu handhaben, man hat daher ziemlich allgemein bei großer Höhe des Abschlußdammes mehrere Abflußöffnungen in verschiedenen Höhen angebracht. In dieser Weise ist das Speisebassin vom Lampy, Kanal du Midi, mit vier Oeffnungen in der Mauer versehen. Der größte Wasserstand ist 15·65 Mtr., der Inhalt des Reservoirs 1672000 Kbkmtr.

Die Schützen, welche zum Verschlusse der Oeffnungen dienen, werden zuweilen durch Hebel, gewöhnlich aber durch Schrauben, Fig. 8, gehoben.

Zum Verschluß der cylindrischen gußeisernen Röhren dienen gewöhnlich die sog. Schiebventile; damit diese aber reparirt werden können, pflegt man noch eine zweite Abschlußvorrichtung gewöhnlich am vorderen Ende der Röhre anzubringen, etwa wie Fig. 11 zeigt.

§. 79.

Durchlässe und Aquaducte.

Die Kanäle durchkreuzen in ihrem Laufe mancherlei Seitenzuflüsse, Bäche und Flüsse, deren Abfluß in den Hauptthalweg nicht verhindert werden darf. Wie diese Kreuzungen anzuordnen seien, soll in dem Folgenden angegeben werden.

In frühern Zeiten pflegte man bei vielen Kanälen, die sich zur Seite eines natürlichen Wasserlaufes hinzogen, alle Zuflüsse des letztern, die den Kanal kreuzten, hineintreten zu lassen, während man, wenn sie zu viel Wasser lieferten, das nicht mehr füglich durch die Schütze der Schleusen abgeführt werden konnte, dieses durch gewisse Wasserlösen an der Thalseite nach dem Flusse oder Bache ableitete.

Bei größern Strömen, die selbst schiffbar sind, kann eine solche Kreuzung nicht wohl umgangen werden, dieselbe erfordert aber, daß man die beiderseitigen Kanäle ganz von einander trennt, und jeden derselben an seiner Ausmündung mit einer Schleuse versieht.

In allen übrigen Fällen pflegt man dagegen in neuerer Zeit die Wasserläufe, denen ein Kanal begegnet, so zu kreuzen, daß sie nicht in Verbindung gesetzt werden. Wenigstens sorgt man dafür, daß eine solche Verbindung, wenn sie bei kleinem Wasser auch besteht und zur Speisung des Kanals dient, doch aufgehoben werden kann, sobald höhere Wasserstände eintreten und eine Ueberlastung des Kanals oder eine Versandung desselben besorgt werden muß.

Am häufigsten geschieht es, daß man den Bach oder Fluß unter dem Kanale hindurchleitet. Diese Anordnung bietet insofern die wenigsten Schwierigkeiten bei der Ausführung, als die natürlichen Bach- und Flußbetten schon immer die tiefsten Einsenkungen des Bodens zu verfolgen pflegen. Der hierbei nöthige Bau unterscheidet sich nur insofern von einer gewöhnlichen steinernen Straßenbrücke, als

auf dem Gewölbe ein Kanalbett ruht. Man bezeichnet einen solchen Bau mit dem Namen „Durchlaß." Ein Haupterforderniß bei einem Durchlasse ist die Wasserdichtigkeit des Gewölbes; dieselbe erfordert eine gute Fundamentirung der Widerlager und Pfeiler, genaue Ausführung der Gewölbe und gute Materialien.

Die Größe der Durchflußöffnung bestimmt sich nach §. 4. des Brückenbaues. Sind die Durchflußöffnungen nur geringe, so pflegt man den überwölbten Kanal unter den beiderseitigen Dossirungen des Dammes fortzusetzen.

Bei größern Oeffnungen (3·5—4·5 Mtr.) ist es dagegen wohlfeiler, das Gewölbe nur unter dem Bette des Kanals und den Leinpfaden auszuführen und letztere gegen Stirnmauern sich lehnen zu lassen. Häufig tritt auch der Fall ein, daß der Bach nicht tief genug unter dem Kanale liegt und eine Verlegung desselben nicht zuläßig ist. Hier wird entweder die Sohle des Baches gegen den Kanal hin gesenkt, wie Fig. 22, Taf. XVII., oder wird ein heberartiger Durchlaß angelegt, wie Fig. 23. Beide Anordnungen haben den Nachtheil, daß sich die Durchlaßöffnungen nach und nach mit Geschieben und Schlamm anfüllen, und folglich künstliche Räumungen angewendet werden müssen, die mühsam und kostspielig sind. Dazu kommt noch der weitere nachtheilige Umstand, daß das Gewölbe einen starken Druck von unten nach oben erfährt und in Folge dessen sich heben kann.

Hieraus geht hervor, daß solche Durchlässe nur in den Fällen ausgeführt werden sollten, wo keine Verlegung oder Vertiefung des Baches möglich ist. Statt steinerner Durchlässe sind zuweilen auch hölzerne ausgeführt worden. Sie haben sich indeß wegen der geringen Dauer des Holzes um so weniger empfohlen, als bei der Ueberschüttung mit Erde die Reparaturen sehr schwierig sind.

Vortheilhafter sind gußeiserne Röhren. Diese werden nur auf den gehörig geebneten und gestampften Boden aufgelegt und sodann mit Erde überschüttet. Um die Dossirungen der Dammschüttung dem Angriffe zu entziehen, werden die beiden Mündungen mit kleinen Stirn- und Flügelmauern eingeschlossen.

Man kann solche Röhren, auch ohne Filtration zu besorgen, durch Schleusen hindurchführen, wo sie alsdann, wie bei der Schleuse von Arles, heberartig sind.

Wenn der Schifffahrtskanal einen Fluß kreuzt, so geschieht dieß auf einem Brückkanal oder Aquaduct. Ein solcher Bau unterscheidet sich von dem Durchlasse dadurch, daß er größere Dimensionen hat und keine Erdanschüttung trägt. Er hat, wenigstens dem Aeußern nach, viele Aehnlichkeit mit einer gewöhnlichen Brücke, erfordert aber andere Dimensionen und muß wasserdicht sein.

Insoferne die Anlagekosten eines Aquaducts sehr nahe seiner Breite proportional sind, auch der Wasserverlust durch Filtration mit der Grundfläche, also mit der Breite zunimmt, so pflegt man den Kanal möglichst zu verengen und nur für den Durchgang eines Schiffes zu bauen.

Die Wasserdichtigkeit erreicht man gewöhnlich dadurch, daß man das mit hydraulischem Mörtel übermauerte Gewölbe mit einer Bètonlage überdeckt und darüber noch feinere Mörtelschichten bringt, damit die Risse, welche sich beim Erhärten des Bèton bilden möchten, wieder gefüllt werden. Um diese Wasserdichtigkeit auch dann noch zu erhalten, wenn der Bau in Folge des Setzens und durch Temperaturwechsel verschiedene Veränderungen erlitten hat, überzog man das Kanalbett noch mit Asphalt.

Sehr nachtheilig würde der Frost auf die massiven Aquaducte einwirken; dieselben werden deßhalb vor Eintritt des Winters vollständig entleert.

Hölzerne Aquaducte werden in neuerer Zeit selten ausgeführt, sie lassen sich wohl leicht wasserdicht herstellen, aber sind sehr vergänglich und erfordern viele Reparaturen.

Mehr Anwendung findet heutigen Tages das Eisen bei dem Baue der Aquaducte. England besitzt sehr großartige Brückkanäle aus Gußeisen, welche Telfort ausführte, und die sich gut bewährten. Noch besser dürfte sich aber das gewalzte Eisen zur Bildung des Kanalbettes eignen.

Auch das System der Hängebrücken eignet sich sehr gut zu Aquaducten, weil die Belastung stets die gleiche ist und also keine verticalen Schwankungen eintreten.

§. 80.

Unterirdische Kanalstrecken.

Obgleich man es in den meisten Fällen vortheilhafter gefunden hat, Anhöhen von 18 bis 20 Mtr. Höhe durch offene Einschnitte zu durchstechen, so treten doch Verhältnisse ein, wo solche nicht ausführbar sind, weil entweder die Böschungen nicht halten oder die Oberfläche des Bodens ganz unverändert in der bisherigen Art benützt werden soll, und man also die Kanalstrecke unterirdisch führen, folglich einen Tunnel bauen muß.

Bei Bestimmung des Profils für einen Tunnel muß man darauf Bedacht nehmen, die Weite desselben möglichst zu ermäßigen, ohne jedoch den Durchgang der Schiffe zu sehr zu erschweren. Man beschränkt deßhalb das eigentliche Kanalbett jedesmal so weit, daß nur ein Schiff darin fahren kann, damit aber der Widerstand nicht übermäßig groß wird, so pflegt man die Breite des Kanals um den vierten bis dritten Theil größer anzunehmen, als die der Schiffe.

Diese Vermehrung der Breite läßt sich aber zum Theil wieder dadurch aufheben, daß man die Leinpfade, wenn überhaupt solche angewendet werden sollen, auf dünne Pfeiler stellt, wie Fig. 21, Taf. XVII., zeigt. Die Anordnung Fig. 20 ist somit auch weniger vortheilhaft.

Manche Tunnel haben gar keine Leinpfade und man hat statt dieser in angemessener Höhe an den Seitenwänden eiserne Handlehnen oder starke Taue angebracht, die an Ringen befestigt sind. Die Schiffer fassen diese Stangen oder Taue und ziehen daran das Schiff vorwärts. Diese Anordnung ist übrigens unbequem und beschwerlich, weßhalb man vorzieht, zuweilen sogar zwei Ziehwege anzulegen. Damit der Leinenzug aber sicher ausgeübt werden kann, muß der Ziehweg eine angemessene Breite haben. Minard nimmt für die Breite, wenn der Zug durch Menschen geschieht, 0·78 bis 1·2 Mtr., für Pferdezug 1·2 bis 2 Mtr.

Was die Form und Höhe des Gewölbes betrifft, so pflegt man immer dafür zu sorgen, daß nicht nur über dem Schiffe, sondern auch über dem Leinpfade hinreichender Raum bleibt, um nicht etwa gegen die Decke zu stoßen. Gewöhnlich führt man die Seitenwände noch senkrecht über den Leinpfaden fort, ehe das Gewölbe beginnt.

Bezüglich der Ausführung des Tunnels verweisen wir auf die Allgemeine Baukunde §. 171—186.

Siebenter Abschnitt.

Hafenanlagen.

Hafenanlagen.

§. 81.

Seehäfen.

Unter Seebauten im Allgemeinen versteht man jene Bauwerke, welche die äußere Schifffahrt zum Gegenstande haben; sie theilen sich in zwei Klassen: Die Häfen und die Rheden.

Unter dem Namen Hafen überhaupt versteht man nicht allein den eigentlich sogenannten Hafen, sondern auch alle innern Anstalten, welche auf die Bedürfnisse der Kriegs= und Handelsschifffahrt Bezug haben.

Der eigentliche Hafen ist ein gewöhnlich im Innern des Ufergeländes liegender Raum, welcher den Fahrzeugen gegen das aufgeregte Meer und gegen die Winde Schutz gewährt.

Man unterscheidet zweierlei Arten von Häfen: solche, welche zu jeder Zeit hinreichende Wassertiefe zum Aus= und Einlaufen der Schiffe haben, und die Ebbe= und Fluthhäfen, welche den Einwirkungen jener täglichen Erscheinung unterworfen sind, die vorzüglich im Ocean bemerkbar ist, in dem mittelländischen Meere aber nur eine schwache Wirkung äußert.

Diese Betrachtung bringt nothwendigerweise einen Unterschied in der Anlage der Bauwerke hervor, aus welchen ein Hafen besteht.

Das Anschwellen und das Zurücktreten des Meeres verursachen die Wirkung, die man im Allgemeinen unter dem Namen Ebbe und Fluth versteht. Die Dauer jeder Ebbe und Fluth zusammen ist 24 Stunden und 48 Minuten, d. h. während der Fluth, die etwas länger als 6 Stunden dauert, gelangt das Meer zu seiner größten Höhe, dann bleibt es einen Augenblick lang stille stehen, worauf die Ebbe beginnt; das Meer gelangt nur während 6 Stunden und einigen Minuten zu seinem tiefsten Punkte der Senkung, und fängt dann wieder zu steigen an. In Folge dieser abwechselnden Bewegungen kehrt Ebbe und Fluth alle 14 Tage zu derselben Stunde wieder, mit dem Unterschiede, daß die des Vormittags jene des Abends wird. Die größte Intensität dieser Erscheinung, im höchsten wie im niedrigsten Stande, findet zur Zeit der Tag= und Nachtgleichen und der Sonnenwenden statt.

Es kann hier der Zweck nicht sein, die Ursachen der Ebbe und Fluth nachzuweisen und die Wirkungen theoretisch auseinander zu setzen, welche aus dieser abwechselnden Bewegung des Wassers auf die Seebauten geäußert werden, sondern

wir glauben vielmehr nur auf die vortrefflichen Werke von Humboldt *) und, i Bezug auf die Wellentheorie, von R. Emy **) verweisen zu müssen.

Im Allgemeinen entstehen die Wogen oder Wellen aus der vereinten Wirkun der Winde und der Strömungen durch Ebbe und Fluth. Die Beobachtung zeig daß diese Wogen nur eine oscillirende Bewegung haben; es ist nur der Scheit derselben, welcher manchmal eine Bewegung des Fortrückens hat.

Die Wogen zerstören einen Theil der ihrem Stoße ausgesetzten Küsten un führen das Material davon an solche Ufer und sonstige Stellen, welche von de herrschenden Winden weniger getroffen werden. Der Zug und die Menge de fortgeschwemmten Materials können durch Beobachtungen bestimmt werden. Die Kenntniß ist unentbehrlich, um die Bauwerke eines Hafens vortheilhaft legen un um überhaupt den Entwurf eines Seehafens anfertigen zu können.

Aus der Betrachtung der Erscheinungen von Ebbe und Fluth, von wechse seitigen Strömungen, die daraus entspringen, von Anschwemmungen, welche eine dem Einflusse der Winde unterworfenen Gang haben, endlich aus der fast b ständigen Unruhe des Meeres, ist die Nothwendigkeit hervorgegangen, gewis Schutzwerke zu erbauen, welche den Schiffen einen sichern und bequemen Zu fluchtsort gewähren und die zusammen das bilden, was wir einen Hafen nenne

Zuerst erfand man die Hafendämme, welche zuweilen auch den Namen Mol haben, um den Schiffen die Mittel zu verschaffen, welche ihnen das Ein- un Auslaufen erleichtern, und um den beständigen Materialanschwemmungen entgege zuarbeiten, welche den Eingang in den Hafen erschweren.

Man benützte Meeresbuchten und bildete durch einen oder zwei Hafendämm das, was wir eine Rhede nennen.

So ist die Hafenanlage von Triest eine Rhede. Um den Schiffen b Nacht den Eingang in die Rhede zu zeigen, baute man Leuchtthürme auf d Köpfe der Hafendämme.

An diese Hafendämme hat man häufig den Hafen angelegt, wie dieß z. B bei Holyhead der Fall war; handelte es sich aber von einem Ebbe- und Flutl hafen, der zu jederzeit Schiffe aufnehmen sollte, die das Stranden nicht aushalte können, so wurde man dadurch auf die Erfindung der Docks oder Bassins g führt, welche beständig voll Wasser bleiben.

Um diese Bassins herum oder in ihrer Umgebung befinden sich die Magazi und die verschiedenen auf die Schifffahrt sich beziehenden Anlagen.

Daher sind ein durch zwei Hafendämme begränztes Fahrwasser, welches m dem Meere in Verbindung steht, ein Strandhafen oder eine Rhede und manchm die dazu gehörigen Docks die vorzüglichsten Bauten, aus welchen im Wesentlich am Ocean eine Hafenanlage besteht.

Die übrigen Anlagen, die das Ganze bilden, sind die Vorhäfen, die Spü schleusen, die Materialfänge, die Docks zur Ausbesserung der Schiffe u. a. m.

Wir werden diese einzelnen Theile etwas näher betrachten.

---

*) v. Humboldt's Kosmos, S. 72.

**) A. R. Emy, Bewegung der Wellen. Wien 1839.

§. 82.

Hafendämme.

Die eigentlichen Hafendämme sind eine Art Deiche, deren Richtung senkrecht oder wenig geneigt auf das Ufer ist, und die sich mehr oder weniger in das Meer erstrecken. Sie schließen den unter dem Namen Fahrwasser, Hafenstraße, bezeichneten Raum ein, und stellen somit in den meisten Fällen die Verbindung zwischen dem Meere und dem Hafen her. Die Anlage der Hafendämme muß den Betrachtungen entsprechen, welche man über den Gang der Anschwemmungen, über die Leichtigkeit des Auslaufens der Schiffe und über die dem Hafen zu verschaffende Ruhe aufzustellen im Stande ist.

Wenn die Hafenstraße durch zwei Dämme eingeschlossen ist, so muß der, welcher unter dem Winde der Anschwemmungen liegt, offenbar der längste sein; hierdurch werden die Anschwemmungen in ihrem, mit dem Ufer parallelen Zuge durch den Vorsprung des Dammes aufgehalten; ihr Niederschlag legt sich alsdann gegen die äußere Fläche des Kopfes dieses Dammes. Nicht selten gelangt er aber auch in die Hafenstraße hinein und in diesem Falle sind alsdann die Spülschleusen die besten Mittel, sie wieder zu entfernen.

In Beziehung auf die Leichtigkeit beim Auslaufen der Fahrzeuge muß derjenige der Dämme, welcher der erste ist, der unter dem herrschenden Winde liegt, länger als der andere sein, weil sonst ein Auffahren des auslaufenden Schiffes auf den Kopf des entgegengesetzten Dammes zu gewärtigen stünde.

Die Hafendämme werden gewöhnlich nach einer durch zwei krumme Linien gebildeten Ebene angelegt, deren Converität gegen die Seite gerichtet ist, von welcher die Versandungen herkommen; durch diese Anordnung ist der Hafen gegen die Winde der hohen See geschützt und haben die Spülungen die größte Wirkung. Die Breite der Hafenstraße, deren Grenzen sie bilden, muß immer so sein, daß sie drei Fahrzeugen unter Segel den Durchgang gewährt, wobei man, wenn eine Spülschleuse daselbst besteht, eine solche Anordnung zu treffen hat, daß daraus für die größte Kraft der Spülungen ein Querschnitt der Strömung hervorgehe, der immer der Wirkung, die man auf die Anschwemmungen hervorbringen will, entspricht.

Das Haupt der Hafendämme muß so angelegt werden, daß man einen Leuchtthurm erbauen kann, welcher zur Nachtzeit den Schiffen den Eingang zeigt. Fig. 1, 2, 3, Taf. XXVI., zeigt den Hafendamm, welchen Telfort bei Aberdeen erbaute. Derselbe besteht aus einer losen Steinschüttung, welche mit einer Quaderverkleidung versehen ist.

Die Stärke der Hafendämme richtet sich gewöhnlich nach der Breite, die man ihrer oberen Fläche zu geben genöthigt ist, damit man darauf die Steine für die Ankertaue setzen und mit Leichtigkeit die auf den Schiffszug und auf das Auslaufen der Fahrzeuge Bezug habenden Verrichtungen vornehmen könne. In dieser Hinsicht muß die obere Breite mindestens 4 Mtr. betragen.

Ihre Höhe wird durch die höchsten Fluthen bestimmt, von denen sie in keinem Falle überstiegen werden dürfen. Im Innern der Hafenstraße begnügt man sich, ihre Oberfläche ungefähr 1,5 Mtr. über diese höchsten Fluthen zu legen. Die Sicherheit der Manöver aber, die man auf den Dämmen während den Stürmen auszuführen genöthigt ist, um den Schiffen Hilfe zu leisten, erfordert, daß man die Krone dieser Dämme auf der Sturmseite erhöhe. Man vergleiche die Fig. 19—24 der Taf. XXVI.

Zuweilen sind die Hafendämme von Holz construirt und können dann die Construction wie Fig. 17 haben, welche bei dem Hafenbau in Havre ausgeführt ist.

Bei manchen Hafenanlagen kommt es auch vor, daß die Hafenstraße weit in die See hineingeführt wird und die Schiffe hereingezogen werden müssen; hier sind die Holzbauten, wie in Fig. 18 anwendbar. Beispiele sind: die Hafen von Dieppe, Ostende, Calais, Great-Grimsby.

Nächst den Hafendämmen sind es die Kaimauern, welche hier zu erwähnen sind und zur Begrenzung der Meeresufer erbaut werden. Dieselben müssen so geformt sein, daß sie die Wogen in das Meer zurückwerfen, und erhalten daher nach Emy am besten die Querprofile Fig. 21—24.

§. 83.

Leuchtthürme.

Es gibt drei Klassen von Leuchtthürmen. Die erste Klasse umfaßt diejenigen Leuchtfeuer, welche von Weitem die Nähe der Küste anzeigen; sie sind die wichtigsten und diejenigen, welche die größte Höhe erreichen, denn sie sollen auf 35 bis 45000 Mtr. weit leuchten. Sie lassen sich in 3 Kategorien eintheilen, und zwar in ekliptische Drehfeuer, in Feuer mit periodischem Lichte, und in unbewegliche oder feste Feuer. Die beiden ersten Arten sind nach kürzerem oder längerem Zeitraume zwischen zwei Eklipsen oder zwei aufeinander folgenden Blinkfeuern der Unterscheidung unter sich fähig. Die von Minute zu Minute ekliptischen Feuer sind diejenigen, welche das stärkste Licht haben, denn es ist im Augenblicke seines Glanzes 4000 Argant'schen Lampen gleich und leuchtet bei gewöhnlicher Witterung 11 bis 12 Seemeilen weit. Bei einer durchschnittlichen Entfernung von 6 Meilen ist die Dauer der Lichterscheinung 20 und folglich die der Eklipse 40 Secunden. Je weiter der Schiffer entfernt ist, um so mehr vermindert sich die Dauer des Lichtes und bei 11 oder 12 Seemeilen beträgt sie nur noch 4—5 Secunden, während sich die Dauer der Eklipse um so mehr vergrößert. Das Licht der unbeweglichen Feuer ist im Allgemeinen nicht stärker als 400 Argant'sche Lampen und ist über 7 Seemeilen nicht sichtbar; dagegen beleuchtet es alle Stellen des Horizontes unaufhörlich. Zur zweiten Klasse der Leuchtthürme gehören diejenigen, welche zur Vermeidung von Gefahren dienen, die sich zwischen den Feuern der ersten Klasse zeigen und eine Tragweite von 16 bis 35000 Mtr., je nach den lokalen Verhältnissen haben müssen.

In die dritte Klasse endlich zählen wir die Feuer der geringsten Stärke, welche nur auf eine Weite von höchstens 16 Kilomtr. sichtbar sind, und denen man die Benennung Leuchtfeuer gibt, um sie von den Leuchtthürmen zu unterscheiden.

Am meisten werden die Leuchtthürme von Stein ausgeführt und erhalten eine kreisrunde Querschnittsform. Bei Bauwerken, welche den ungestümen Angriffen des Meeres ausgesetzt sind, ist offenbar die cylindrische Form allen andern vorzuziehen, indem sie dem Winde den geringsten Widerstand darbietet; die Wirkung des Windes ist sehr bedeutend und beträgt nach L. Fresnel auf eine ebene Fläche 275 Kilgr. per □ Mtr. und auf einen Cylinder $^2/_3$ derjenigen, die ein ebener Durchschnitt des Cylinders zu erleiden hätte.

Wenn aber die cylindrische Form in dieser Beziehung vortheilhafter ist als die eines Prisma mit quadratischer Grundfläche, so ist sie doch in Beziehung auf Oekonomie in der Ausführung weniger gut und verträgt sich nicht mit einer zweckmäßigen innern Einrichtung. Die Magazine und Wohnungen der Wächter lassen sich nicht mehr mit derselben Leichtigkeit einrichten.

Man gibt daher der letztern Form in solchen Fällen den Vorzug, wenn die Leuchtthürme auf einem so hoch gelegenen Punkte erbaut werden können, daß man nicht nöthig hat, ihnen eine große Höhe zu geben, um dem Leuchtfeuer eine große Tragweite zu sichern; dann kann sich ein solcher Thurm über dem Centrum eines quadratischen Unterbaues erheben, in welchem die erforderlichen Räume enthalten sind. — Leuchtthurm zu Triest.

Wenn der Thurm, obgleich den Wirkungen des Meeres entzogen, eine solche Lage hat, daß es unumgänglich nothwendig ist ihm eine große Höhe — etwa 40—50 Mtr. zu geben, so nimmt man gewöhnlich eine Mittelform, nämlich eine abgestutzte achtseitige Pyramide. Man vermeidet dadurch die bei den übrigen Formen bezeichneten Nachtheile und sichert sich beinahe ganz die Vortheile der runden Form. — Leuchtthurm von Calais. *)

Am schwierigsten ist die Fundirung eines Leuchtthurmes auf gewöhnlichem Boden oder Sand, da die gewöhnlichen Pfähle nicht fest genug darin haften. Hier hat man mit vielem Erfolge bei den Leuchtthürmen von Belfast-Longh, Fleetwood on Wyre die Schraubenpfähle angewendet, deren Construction aus Fig. 15, Taf. XXVI., ersichtlich ist. Die Fig. 11 zeigt die Construction des Leuchtthurmes Fleetwood on Wyre; die Fig. 12 und 12a geben die Anordnung des Hafendammes von Courtown-Werford.

Auch zu andern Zwecken hat man die Grundschraube in Form der Fig. 13 angewendet. So zeigt die Fig. 14 die Befestigung einer Ankerkette auf den Meeresgrund, diese Kette erhält an ihrem freien Ende eine schwimmende Tonne (Boie), die mit einem Ankerring versehen ist. Zum Einschrauben der Grundschraube hat man einen Apparat Fig. 16. Dieser Apparat besteht aus einem starken schmiedeisernen Schafte in Gliedern von 10 bis 12 Fuß, welche zusammengekuppelt werden; der unterste Theil hat ein Zapfenloch, worin der Zapfen des Ankers eingepaßt wird. Befindet sich der Anker am Boden, so wird in einer schicklichen Höhe an den Schaft eine Erdwinde befestigt, die Arme werden in dieselbe eingesetzt, und die Arbeiter gehen so lange am Gerüste herum, bis es erforderlich ist, die Winde wieder höher am Schafte anzubringen. Diese Operation wird so lange fortgesetzt, bis der Anker die erforderliche Tiefe hat. **)

Der wichtigste Theil eines Leuchtthurmes ist der Leuchtapparat. Derselbe ist verschieden construirt und besteht entweder aus einer größern Anzahl von Reverberen (Lampe mit parabolischem Hohlspiegel), oder aus einer einzigen Lampe, welche ihr Licht gegen Glas-Prismen wirft, von denen es horizontal gebrochen wird ***). In beiden Fällen pflegt man das Licht in kurzen Perioden als wieder

*) Förster's Bauzeitung 1852. **) Förster's Bauzeitung 1850.
***) Leuchtthurm zu Neu-Fahrwasser. Bauzeitung von Förster 1846.

verschwinden zu lassen, damit es auffallender erscheint und dem Schiffer anzeigt, in welcher Entfernung er sich befindet. Zu diesem Behufe wird entweder ein Schirm so angebracht, daß er die Leuchte deckt und um dieselbe drehbar ist; oder ein Mechanismus, ähnlich einem Uhrwerke, dient dazu, die Drehung des die Lampe umgebenden Hutes mit den Glasprismen zu bewirken.

§. 84.

Vorhäfen.

Der Vorhafen ist der Theil der ganzen Hafenanlage, welcher unmittelbar hinter den Hafendämmen, gegen das Innere zu und vor den Bassins oder Docks liegt, z. B. Fig. 1, Taf. XXVII. Er ist dazu bestimmt, jene Fahrzeuge aufzunehmen, welche das Stranden aushalten können, und bietet den kleinern Fahrzeugen des Fischfangs und der Küstenfahrt einen Zufluchtsort dar, da sie, in Rücksicht ihrer geringen Fahrtiefe, nicht nöthig haben, die volle See zu erwarten, um in den Hafen ein- oder aus demselben auszulaufen. Die Vorhäfen sind auch sehr nützlich, um den Fahrzeugen die von der hohen See kommen, die Mittel zu erleichtern, ihre Geschwindigkeit allmählig aufzuheben, was vor ihrem Einlaufen in die Docks unerläßlich ist, da dieß ohne große Nachtheile unter Segel nicht geschehen kann. Zu diesem Zwecke ist es nöthig, daß die Form der Vorhäfen diesen Fahrzeugen gestatte, sich unter Segel zu schwenken und sich vor dem Winde umzuwenden. Im Allgemeinen ist die Lage der in die See hineinragenden Hafenmauern durch die Richtung der herrschenden Winde bedingt.

In der Ausdehnung der Ufermauern des Vorhafens werden die Abladeplätze und ebenso die Trockendocks zum Ausbessern und Kalfatern der Schiffe angelegt. Die ersteren sind mit den nöthigen Heb-Krahnen zu versehen, die letztern haben die Construction Fig. 3, 3a, 3b, Taf. XXVII. Sobald die Fluth eingetreten, läuft das Schiff in den Docks ein und werden hinter ihm die Thore geschlossen; zur Ebbezeit läßt man nun das Wasser heraus und hat alsdann das Schiff im Trocknen.

Eine Hafenanlage wie die zu Great-Grimsby ist nur in solchen Fällen begründet, wenn der Wasserstand zur Ebbezeit so nieder ist, daß die größeren Handelsschiffe nicht mehr flott bleiben, und also der Fluthwasserstand in den Docks zurückgehalten werden muß.

In allen andern Fällen, wo entweder der Wasserstand zur Ebbezeit noch hinreicht, um die größten Fahrzeuge der Küstenfahrt flott zu erhalten, oder wo man überhaupt die Kosten für die Herstellung der Docks nicht aufwenden will, oder endlich, wenn keine Ebbe und Fluth eintritt und der Wasserstand das Ein- und Ausfahren der Schiffe gestattet, besteht die ganze Hafenanlage nur aus dem Vorhafen. So sehen wir in Fig. 2 den Hafen von Holyhead, welcher von Telfort erbaut und mit einem Trockendocks zur Ausbesserung der Schiffe versehen ist, und in Fig. 4 den Hafen von Meersburg am Bodensee. Bei dem letztern haben die Schirmmauern das Profil Fig. 4c. Die Uferabpflasterungen haben die Profile Fig. 4a und 4b.

§. 85.

Spülschleusen.

Diese Schleusen bezwecken hauptsächlich die Spülung der Hafenmündungen. Der in der kurzen Zwischenzeit von 6 Stunden wiederkehrende Wechsel zwischen Fluth und Ebbe bietet die passendste Gelegenheit dar, einen kräftigen Strom im Eingange des Hafens zu erzeugen und dadurch die Kies-, Sand- oder Thonmassen zu beseitigen, die vorzugsweise gerade hier sich abzulagern pflegen. Man fängt in einem weiten Bassin das Hochwasser auf und sperrt es gewöhnlich mit einer nur zu diesem Zwecke erbauten Spülschleuse so lange ab, bis außerhalb der Ebbestand eingetreten ist. Alsdann öffnet man plötzlich die Schleuse und indem die Verbindung in großer Weite dargestellt wird, stürzt sich die aufgefangene Wassermasse in heftiger Strömung nach der See und reißt den Sand und Thon, welcher in der Hafenmündung sich angesammelt hatte, mit sich fort.

Die gewöhnlichen Spülschleusen, welche nicht Schiffsschleusen sind, kommen bei Seehäfen vor. Sie stellen aber fast niemals die Verbindung mit den Docks oder Hafenbassins dar, weil in diesen der höhere Wasserstand erhalten werden muß, damit die Schiffe flott bleiben; es sind vielmehr besondere ausgedehnte Bassins, die sog. Spülbassins daneben eingerichtet, durch welche sie gespeist werden.

Diese Einrichtung der doppelten Bassins (Dock- und Spülbassin) und die Erbauung der doppelten Schleusen (Dock- und Spülschleusen) vertheuert die Hafenanlage außerordentlich, und liegt daher die Idee nahe, das Dock zugleich als Spülbassin und die Dockschleuse zugleich als Spülschleuse zu benützen. Man wird alsdann wohl die Spülung nicht bei jeder Ebbe und nur im beschränkten Maße vornehmen können, aber wenn auch nur zur Zeit der Springfluthen gespült und dabei der Wasserstand im Dock auch nur um einige Fuße gesenkt werden darf, so wird auch hierdurch schon eine bedeutende Vertiefung erzeugt.

Die Dockschleuse muß alsdann so eingerichtet sein, daß die Thore ungeachtet des hohen Wasserdrucks von der Binnenseite sich öffnen lassen, und daß sie auch sicher wieder während dem Strome geschlossen werden können. Am häufigsten hat man die Aufgabe dadurch gelöst, daß man die gewöhnlichen Schleusenthore mit Spülthoren versehen hat. Die Fig. 11, 11a, 12, 12a, Taf. XX., zeigen die Construction eines solchen Thores, wie sie in den Niederlanden gebräuchlich ist und zwar für Schleusen von 6—8 Mtr. Weite.

Zum Zurückdrehen dieses Thores ist in der Regel keine besondere Vorrichtung getroffen. Wenn gespült wird, so fließt, während auswärts der niedrige Wasserstand stattfindet, die ganze im Bassin aufgefangene Masse ab, und erst wenn die Durchströmung aufgehört hat, stößt man das Spülthor wieder zurück und befestigt es mittelst des hebelförmigen Vorreibers, in Holland Praam genannt. Man kann indessen auch leicht das Spülthor durch Taue oder Ketten gegen einen mäßigen Wasserdruck zurückziehen. Dieser Druck läßt sich noch dadurch aufheben, daß man beide Flügel des Spülthores einander gleich macht und den einen mit einer Schützöffnung versieht. Dieses Schütz wird mit einer Kette gezogen, die in der Achse des Spülthores gehalten wird, um die Drehung des letztern nicht zu hindern. Sobald der Hebel gelöst wird, dreht sich das Thor von selbst, indem

der Wasserdruck auf den Flügel, worin das Schütz sich befindet, minder stark als gegen den andern Flügel ist. Will man die Spülung unterbrechen, so läßt man die Schütze herab und zieht das Spülthor mit einer Kette oder einem Taue zurück.

Die Mängel solcher Thore sind:

1) daß sie zu wenig wasserdicht schließen,

2) daß sie überhaupt eine geringe Festigkeit und Dauer haben.

Mehr Anwendung fanden früher solche Schleusenthore, welche selbst beim hohen Wasserdrucke geöffnet und geschlossen werden konnten, und die man Fächerthore nannte. Wir übergehen indeß die Construction derselben, da sie in neuerer Zeit nicht mehr ausgeführt werden dürfte und wenden uns zu der in England hauptsächlich üblichen Anordnung, wornach man die Umläufe der Schleusen zum Spülen benützt. Hartley hat bei Erbauung des Coburg-Docks in Liverpool ein vielfach verzweigtes und weit ausgedehntes Spülsystem durch Umläufe in den Flügelmauern dargestellt, und hierdurch für die Offenhaltung der Mündung des Docks gesorgt.

Der weit geöffnete Busen des Mersey vor Liverpool ändert in Folge der Fluth und Ebbe seinen Wasserstand täglich zweimal im Mittel um etwa 11 Fuß. Der eingehende Fluthstrom führt aber nicht reines, sondern sehr trübes Wasser, und indem vor dem jedesmaligen Eintritt der entgegengesetzten oder Ebbeströmung eine allmählige Verzögerung und endlich, wenn auch nur für kurze Zeit vollständiger Stillstand eintritt, so sinkt ein starker Niederschlag zu Boden, der namentlich an allen Stellen, wo die Wellenbewegung und die bald wieder eintretende Strömung schwächer sind, bedeutend anwächst.

Die offenen Häfen oder Vorhäfen müssen dennoch mit großen Kosten immer auf's Neue vertieft werden, und dennoch sind sie so seicht, daß die für die Schifffahrt erforderliche Wassertiefe sich darin nur zur Zeit des Hochwassers darstellt. Die Docks oder Bassins, worin die Schiffe liegen, befinden sich hinter diesen Vorhäfen, ähnlich wie Fig. 1 Taf. XXVII., sie sind aber durch Schleusen gesperrt, so daß der höhere Wasserstand der Fluth darin stets gehalten wird. Zur Zeit desselben kann man sie mit den Vorhäfen und durch diese mit dem Strome in Verbindung setzen. Mit vollständigen Kammerschleusen sind sie nur in seltenen Fällen versehen, vielmehr befinden sich in ihren Mündungen nur einzelne Schleusenhäupter, die bald mit einem, bald mit zwei Thor-Paaren versehen sind. Im letzten Fall dient das eine Thorpaar zum Abhalten ungewöhnlich hoher Wasserstände, während das andere oder die Ebbethore dazu dienen, das Hochwasser im Dock zurückzuhalten.

In Liverpool hat man auch einige Vorhäfen als Docks behandelt, d. h. man hat sie mit Ebbethoren versehen. Dadurch wird nicht nur ihrer Verschlammung vorgebeugt, sondern man kann sie auch zum Unterbringen von Schiffen benutzen. Das Einsegeln aus dem Strome in eine Schleuse ist zwar bei heftigem Winde sehr beschwerlich, allein es hat dieser Umstand gegenwärtig seine Bedeutung verloren, indem die Schiffe durch Dampfboote in das Dock hineinbugsirt werden.

Das Coburg-Dock bildet einen solchen abgeschlossenen Vorhafen. Es war bis vor wenigen Jahren ein offener Vorhafen, ist aber jetzt, mit einem Haupte und einem Paar Ebbethoren versehen.

Die lichte Weite des Schleusenhauptes mißt 70′ 1″ engl. Fig. 5 und 5a zeigt die Schleuse im Grundriß und Längenschnitt. Die Thore schlagen nach der Seite des Docks auf. Der Drempel wird durch ein umgekehrtes Gewölbe dargestellt. Der gemauerte Boden an der äußern Seite desselben hat nur geringe Ausdehnung, dagegen treten die Flügelmauern weit vor und schließen sich an die Ufermauern an.

Die beiden mit A und B bezeichneten Oeffnungen sind die Mündungen derjenigen Kanäle, durch welche die Ketten gezogen sind, die zum Oeffnen und Schließen der Thore dienen. Beide Figuren zeigen die Umläufe, die zum Spülen der Schleusenmündung und zum Theil auch des Thorkammerbodens dienen. Der Hauptumlaufkanal ist 3′ breit und 4½′ hoch und beginnt am Ende der Thorkammer, seine Länge beträgt 250′. Die Hauptschütze, wodurch diese Kanäle geschlossen werden, liegen hinter dem Drempel, und zwar sind jedesmal zwei derselben nebeneinander angebracht. Sie werden durch einen Schacht c gehoben und gesenkt. Die obere Mündung jedes Umlaufes besteht in 9 kleinen niedrigen Oeffnungen, die unmittelbar über dem Thorkammerboden angebracht sind. Diese Oeffnungen sind 1′ hoch und 3′ breit. Sie verursachen, sobald der Umlauf in Wirksamkeit tritt, eine kräftige Seitenströmung dicht über dem Thorkammerboden, und setzen dadurch den hier abgelagerten Schlamm in Bewegung, den sie in sich hineinziehen und in den Mersey führen. Die Ausmündungen jedes Umlaufs bestehen in 7 größeren Kanälen, die einzeln mit Schützen versehen sind. 6 dieser Ausmündungen spalten sich jedesmal in 5 Arme, die durch Oeffnungen von 1′ Höhe und 2½ Meter über dem natürlichen Boden austreten. Indem man jedesmal nur einen dieser 7 Kanäle in Wirksamkeit setzt, so ist die Strömung in den Mündungen derselben stark genug, um die gewünschte Vertiefung zu bewirken.

§. 86.

Von den Docks oder Hafenbassins.

Der Zweck der Docks ist, die Fahrzeuge, welche das Stranden nicht aushalten können, beständig flott zu erhalten. Ihre Verbindung mit den Vorhäfen findet durch eine Schleuse mit Ebbethoren statt, d. h. mit Thoren, an denen die Spitze des Drempels nach innen gekehrt ist; zuweilen fügt man noch zu mehreren Zwecken Fluththore hinzu.

Die Anordnung der Schleusenthore gestattet der hohen See frei in das Innere des Docks einzutreten; sobald aber der Spiegel des fallenden Meeres sich unter den des Docks senkt, schließen sich die Thore von selbst, und letzteres bleibt voll.

Die Durchfahrt der großen Handelsschiffe und die der Fregatten erfordert 13 bis 14 Mtr., für die größten Dampf- und Linienschiffe genügen 22 Mtr.

Die Grundrisse und die Anordnung der Schleusen von Docks mit Stemmthoren sind, in Bezug auf die Grundsätze, nach welchen die Dimensionen und die Anordnung der verschiedenen Theile bestimmt werden, ganz dieselben, wie jene der Schifffahrtskanäle: sie unterscheiden sich nur durch die Breite der Durchfahrt, die jener der Schiffe, welche in die Docks einlaufen, entsprechen muß, sowie durch die große Wasserhöhe, welche vor den Thoren steht.

In der Regel fahren die Schiffe nur ein oder aus, wenn der Wasserstand vor oder hinter dem Thore gleich hoch ist. Will man während des Fallens der

Fluthen einfahren, so bleibt nichts übrig, als die Thore zu öffnen und zu diesem Behufe die Schützen zu ziehen, damit sich der Wasserspiegel im Dock senkt.

In Beziehung auf die Sicherheit der Fahrzeuge ist es vortheilhaft, ein doppeltes System von Ebbethoren anzuwenden: Durch diese Anordnung begegnet man leichter den Zufällen, welche manchmal die Bewegung von dem einen der beiden Thorpaare verhindern können und vermeidet dadurch zugleich große Nachtheile, welche daraus für die in dem Docks befindlichen Schiffe entspringen können. Die Anlage von Fluththoren ist gleichfalls unter vielen Umständen und vorzüglich bei Ausbesserungen in den Docks nützlich.

Rings um die Bassins oder Docks herum werden, indem man den Quai's eine Breite von 20 Mtr. und mehr, wenn es nöthig ist, läßt, Magazine, Werkstätten und die für den Handel nöthigen Gebäude ausgeführt.

Die Quaimauern werden am besten aus Hau- oder auch aus Backsteinen construirt. Manchmal wenn diese Materialien theuer sind, baut man auch Bohlwerke.

Die Gründung der Schleusen- und Uferbauten geschieht gewöhnlich mittelst kleiner Fangdämme, welche bei hoher See überschwemmt werden, deren innere Räume man aber während der Ebbe ausschöpft; hierdurch ist man in Stand gesetzt, im Trockenen zu bauen, während im mittelländischen Meere die Gründung gewöhnlich mittelst Steinwürfen in großen Massen ohne Ausschöpfen geschieht; manchmal findet sie mittelst Bèton statt, welcher auf den Grund des Meeres, theils in Kästen, theils durch andere der Natur der Bauten und den Ortsverhältnissen entsprechenden Hülfsmittel, versenkt wird.

Wohl den schönsten Hafen der östlichen Küste von England bildet das am Humber-Fluß gelegene Docks von Great-Grimsby mit seinem 19 Morgen großen Vorhafen, der durch Steindämme geschützt ist und die größte Sicherheit für die Schiffe gewährt.

Die Fig. 1, Taf. XXVII., stellt die Situation dar. Die Verbindung des Vorhafens mit dem Docks ist durch zwei Schleusen bewirkt; die eine für große Seeschiffe hat 70 Fuß Breite und 300 Fuß Länge, die andere für kleinere Schiffe hat 45 Fuß Breite und 200 Fuß Länge. Beide Schleusen haben Fluththore. Das Docks selbst hat eine lichte Weite von 600 Fuß und eine Länge von 2000 Fuß und besitzt zu jeder Zeit die nöthige Wassertiefe für die größten Dampfschiffe des Küstenhandels. Die Ufermauern und Schleusen sind massiv von Steinen ausgeführt worden und zwar unter dem Schutze eines 600 Fuß langen Fangdammes, dessen Construction in der Allgemeinen Baukunde, §. 130, beschrieben wurde. Zur Ausbesserung der Schiffe ist ein Trockendock angelegt. Die Baukosten beliefen sich auf 750000 Pfd. Sterling.

Die Ost- und Westindien-Docks, die neuen Nord-Docks in Liverpool gehören wohl zu den größten Englands. Sie sind längs den Quaimauern mit Krahnen versehen zum Aus- und Einladen der Waaren und imponiren durch die ausgedehnten und großartigen Lagergebäude, welche gewöhnlich rings um die Docks herum liegen.

